

103

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 1 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 4 2 7 0
Application Number:

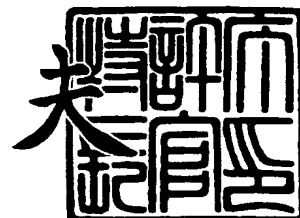
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 3 4 2 7 0]

出 願 人 株式会社リコー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 3 5 4 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 0208678

【提出日】 平成14年11月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03G 21/00 530

【発明の名称】 画像形成装置

【請求項の数】 19

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

【氏名】 角田 幸一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

【氏名】 廣野 元久

【特許出願人】

【識別番号】 000006747

【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-220404

【出願日】 平成14年 7月29日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-274110

【出願日】 平成14年 9月19日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808514

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像形成装置の端面から所定距離隔てた位置における稼動音から得られる音圧レベル d B (A) 値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、PPM (A 4 横サイズの 1 分間の印刷枚数) 値を用いた式 (a) より得られる不快確率 P が、式 (b) を満たすことを特徴とする画像形成装置。

【数 1】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$z = A \times \text{音圧レベル } i + B \times \text{ラウドネス } i + C \times \text{シャープネス } i + D \times \text{トーンリティ } i \\ + E \times \text{インパルスブネス } i + F \times \text{PPM } i + G \\ (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

A, B, C, D, E, F : 各パラメータに対する回帰係数

G : 切片

$$0.10547717 \leq A \leq 0.15069022$$

$$0.40687921 \leq B \leq 0.53399976$$

$$0.99138725 \leq C \leq 1.166331$$

$$8.38547981 \leq D \leq 10.1721249$$

$$2.57373312 \leq E \leq 3.21686388$$

$$-0.020344 \leq F \leq -0.0106576$$

$$-17.49359273 \leq G \leq -12.70308101$$

..... (a)

$$P \leq 0.1728e^{0.0065PPM} \quad \dots\dots\dots (b)$$

【請求項 2】 前記 A ~ F の値の範囲は、各係数の推定値に、 $\pm 2\sigma$ (標準誤差) の範囲を加えたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の画像形成装置。

【請求項 3】 画像形成装置の端面から所定距離隔てた位置における稼動音から得られる音圧レベル d B (A) 値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、PPM (A 4 横サイズの 1 分間の印刷枚数) 値を用いた式 (c) より得られる不快確率 P が、式 (b) を満たすことを特徴とする画像形成装置。

【数 2】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z \pm 2\sigma)}$$

$$\begin{aligned} Z = & 0.12808364 \times \text{音圧レベル } i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値 } i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値 } i + \\ & 9.27879937 \times \text{トーンリテリ値 } i \\ & + 2.89529674 \times \text{インパルス値 } i - 0.0155008 \times \text{PPMi} - 15.09832827 \\ & (i = 1, 2, 3, \dots, n) \\ \sigma : & \text{標準誤差} = 0.871894 \\ & \dots\dots\dots (c) \end{aligned}$$

$$P \leq 0.1728e^{0.0065\text{PPM}} \dots\dots\dots (b)$$

【請求項 4】 画像形成装置の端面から所定距離隔てた位置における稼動音から得られる音圧レベル d B (A) 値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリテリ値、インパルス値、PPM (A 4 横サイズの 1 分間の印刷枚数) 値を用いた式 (d) より得られる不快確率 P が、式 (b) を満たすことを特徴とする画像形成装置。

【数 3】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$\begin{aligned} Z = & 0.12808364 \times \text{音圧レベル } i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値 } i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値 } i + \\ & 9.27879937 \times \text{トーンリテリ値 } i \\ & + 2.89529674 \times \text{インパルス値 } i - 0.0155008 \times \text{PPMi} - 15.09832827 \dots\dots (d) \end{aligned}$$

$$P \leq 0.1728e^{0.0065\text{PPM}} \dots\dots\dots (b)$$

【請求項 5】 前記不快確率 P を算出する式 (a)、(c)、(d) を、音の一対比較の優劣の確率を予測する多重ロジスティック回帰モデル

【数 4】

$$\hat{p}_{ij} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[- \left(\sum_{l=1}^L b_l (x_{li} - x_{lj}) \right) \right] \right\} \quad (e)$$

b_l : 回帰係数

x_{li}, x_{lj} : 一対比較する音の心理音響パラメータ値
($i = 1, 2, 3, \dots, n$), ($l = 1, 2, 3, \dots, L$)

より、回帰モデル式の導出時に使用した全サンプルの心理音響パラメータ値の平均値を用い、単独の音の不快確率を予測する式に変換することを特徴とする請求

項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置。

【請求項 6】 画像形成装置から放射される音の、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて少なくとも操作部方向の前記不快確率 P が、許容値以下であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の画像形成装置。

【請求項 7】 画像形成装置から放射される音の、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて前後左右 4 方向の前記不快確率 P の平均値が、許容値以下であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の画像形成装置。

【請求項 8】 画像形成装置から放射される音の、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて少なくとも 1 面以上の面の前記不快確率 P が、許容値以下であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の画像形成装置。

【請求項 9】 画像形成装置から放射される音に対し、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて 4 面すべての前記不快確率 P が、許容値以下であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の画像形成装置。

【請求項 10】 前記式 (b) を満足するために、高周波成分を低減する高周波成分低減手段を備えたことを特徴とする請求項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置。

【請求項 11】 前記高周波成分低減手段は、給紙搬送手段におけるガイド部材と記録紙との摺動音を低減する摺動音低減手段でなることを特徴とする請求項 10 に記載の画像形成装置。

【請求項 12】 前記式 (b) を満足するために、衝撃音を低減する衝撃音低減手段を備えたことを特徴とする請求項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置。

【請求項 13】 前記衝撃音低減手段は、複数の給紙段を有する給紙搬送路それぞれに設けられた電磁クラッチの動作を、使用する給紙段以上の電磁クラッチとするように制御する給紙搬送制御手段であることを特徴とする請求項 12 に記載の画像形成装置。

【請求項 14】 前記式 (b) を満足するために、純音成分を低減する純音成分低減手段を備えたことを特徴とする請求項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置。

【請求項 15】 前記純音成分低減手段は、交流バイアスによる帯電時に発生する帯電音を低減する帯電音低減手段であることを特徴とする請求項 14 に記載の画像形成装置。

【請求項 16】 前記帯電音低減手段は、像担持体の固有振動数を前記交流バイアスの周波数に自然数を乗じた周波数とは異なる周波数にすることを特徴とする請求項 15 に記載の画像形成装置。

【請求項 17】 前記帯電音低減手段は、像担持体の内部に吸音部材を設けたものであることを特徴とする請求項 15 に記載の画像形成装置。

【請求項 18】 前記帯電音低減手段は、像担持体に制振部材を設けたものであることを特徴とする請求項 15 に記載の画像形成装置。

【請求項 19】 記録紙の搬送経路に、前記記録紙の搬送経路を規制する際に、端部エッジ部分を屈曲、または $1/2$ 以下の厚さの可撓性シートで構成されるガイド部材を設けたことを特徴とする請求項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複写機やレーザプリンタなどの画像形成装置に関し、より詳細には、画像形成装置が電子写真プロセスにしたがって作像し、これを記録紙に転写して定着し、排紙するという一連の動作を行なう際に、モータの駆動音や、クラッチ、ソレノイドの作動音、帯電音、および記録紙の給紙搬送音などに起因する騒音レベルの上昇を抑制する画像形成装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、環境へのやさしさの観点から、騒音問題への関心が高まってきており、オフィスにおいてもOA機器に対する静粛性を強化するという要望が強くなってきている。特に、複写機やレーザープリンタに代表される画像形成装置の静音化が進められており、以前に比べて動作時の騒音規格も厳しいものとなってきている。

【0003】

上述の騒音問題を解決するための技術として、レーザービームプリンタや複写機などの騒音マスキング装置において、動作時に騒音の発生源となる駆動機構に対してこの騒音をマスキングするマスキング音を発生する発音体と、この発音体を制御して騒音の主成分周波数を含む範囲の周波数のマスキング音を発生させるマスキング音制御手段と、を備えることにより、騒音の不快感を低減する技術が開示されている（特許文献1参照。）。

【0004】

しかし、上記特許文献1の特開平9-193506号公報に開示されている技術では、本体から機能上発生している音を低減することなく、この発生音にさらにマスキング音を加えることにより、騒音レベルが上昇し、聞く人によっては、うるさく、不快に感じることもある。また、マスキング音を発生させるための発音体およびマスキングされる音の発生時間の間のみマスキング音を発生させるための制御装置が必要となるため、機械のレイアウト上、余分なスペースが必要となり、さらに、大幅にコストの上昇を招来させることになる。

【0005】

さて、現在、OA機器では、騒音を評価する方法として、一般的に、音響パワーレベル（ISO7779）が用いられている。しかしながら、音響パワーレベルは、複写機やプリンタなどのオフィス機器から発生する音響エネルギーの値であるため、騒音に対する人間の主観的な不快感との相関が不十分である場合が生じる。たとえば、音響パワーレベルが同じである音を比較して聞いた場合、不快さに差があることがあり、また、音響パワーレベルの値は小さくても、非常に不

快な音として人に聞こえることもある。

【0006】

したがって、今後のオフィス環境改善のためには、OA機器の音響パワーレベルを低減させるだけでなく、音質の改善を行なっていく必要がある。音質改善のためには、現状把握のための音質の定量的な計測と、改善前後においてどのくらいの効果があるのかの計測を行なう必要がある。ところが、音質は物理量ではないため、定量的な測定を行なうことができない。すなわち、耳で聞いて比較した場合においても、人によって評価が異なる場合がある。また、「音質が少し改善された」や、「かなり改善された」などの定性的な表現しかできない。音の質を物理的特性で定量的に表すことができれば、音質改善のための対策を行なったとしても、その効果を客観的に評価することは不可能である。このため、主観評価実験を行ない、その結果について統計処理を行なって音質の定量化を行なう必要がある。

【0007】

ところで、音質を評価する物理量として、心理音響パラメータというものが知られている。代表的なものとしては以下に示すパラメータがある（たとえば、非特許文献1を参照、なお、下記括弧内は単位である）。

- ①ラウドネス (s o n e) : 聞こえの大きさ
- ②シャープネス (a c u m) : 高周波成分の相対的な分布量
- ③トーンリテイ (t u) : 調音性、純音成分の含有量
- ④ラフネス (a s p. e r) : 音の粗さ感
- ⑤フラクチュエーション・ストレングス (v a c i l) : 変動強度、うなり音
- ⑥インパルシブネス (i u) : 衝撃性
- ⑦レラティブ・アプローチ : 変動感

【0008】

上記に示す心理音響パラメータは、どの心理音響パラメータも値が増すと不快感が増す傾向がある。この中でラウドネスだけがISO532Bで規格化されている。他の心理音響パラメータについては、基本的な考えは同じであるが、各計測器メーカーによる独自の研究によってプログラムや計算方法が異なるため、メー

カによって測定値（出力値）が若干異なるのが普通である。これらの心理音響パラメータをすべて低減するように対策を行なえば、稼動時における装置の音質を改善することができる。

【0 0 0 9】

しかし、心理音響パラメータのすべてについて対策を講じるには大きな労力が必要である。すなわち、複写機やプリンタなどのOA機器から発生する騒音は、機構の複雑さから、多くの音色の騒音が混在されており、たとえば、低周波の重苦しい音、高周波の甲高い音、および衝撃的に発生する音（突騒音）などが、各種の駆動モータ、記録紙、ソレノイドなどの複数の音源から時間的に変化しながら発生する。

【0 0 1 0】

人間は、これらの音を総合的に判断し、不快か否かの判定を行っているが、どの部分が特に不快と関係があるかの重み付けを行なって判定していると考えられる。すなわち、不快に対して影響の大きい心理音響パラメータと、影響の小さい心理音響パラメータとが存在する。しかも、これは機械の音色によって異なる。たとえば、衝撃音の発生回数が多い高速のプリンタでは、衝撃音を最も不快と感じ、低速で比較的静かなディスクトッププリンタでは、衝撃音の発生が少ないので、AC帯電時に発生する帯電音を最も不快と感じる場合がある。このように、不快を感じる部分が画像形成装置の出力速度の違いで異なってくる。よって、低速機と高速機では、音質改善を行なう部分が異なる場合がある。このことにより、不快に対して改善効果の大きい心理音響パラメータを探し出し、その心理音響パラメータを改善することによって効率よく音質改善を行なえば試行錯誤を繰り返すことによる労力も少なくなる。

【0 0 1 1】

したがって、不快に対して改善効果の大きい心理音響パラメータを組み合わせ、心理音響パラメータに重み付けを行なって音質評価式を算出し、この音質評価式を使用して不快に対する主観評価値を算出することにより、客観的な音質の評価が可能になり、音質改善を行なうことができる。さらに、不快に対する主観評価値をどの程度にすると不快感がなくなるかを判定し、その値以下となるような

音質改善を行なった画像形成装置を提供することにより、オフィス内での騒音に関する問題を解決することができる。

【0012】

そこで、このような観点にしたがって、本出願人（同発明者）は、複写速度（印刷速度）が低速機（16～20PPM）、中速機（27PPM）、高速機（45～70PPM）のそれぞれに対する音質評価式を求め（下記参照）、既に出願している。なお、PPMは1分間あたりのA4横サイズの印刷枚数である。

【0013】

すなわち、16～20PPM機の場合、その不快さを、主観評価実験と重回帰分析によってラウドネス（聞こえの大きさ）とトーンリティ（純音成分の相対的な分布）の式で表した。すなわち、

$$\begin{aligned} S = & 0.3135 \times (\text{ラウドネス値}) \\ & + 3.4824 \times (\text{トーンリティ値}) \\ & - 3.146 \quad \dots \dots (\text{ア}) \end{aligned}$$

によって得られる不快指数Sが、 $S \leq -0.6$ または $S \leq -0.7$ を満たすものである。

【0014】

また、45～75PPM機の場合、その不快指数Sを、主観評価実験と重回帰分析によってラウドネス2乗とシャープネス（高周波成分の相対的な分布）の式で表した。すなわち、

$$\begin{aligned} S = & 0.01024269 \times (\text{ラウドネス値})^2 \\ & + 0.30996744 \times (\text{シャープネス値}) \\ & - 2.1386517 \quad \dots \dots (\text{イ}) \end{aligned}$$

によって得られる不快指数Sが、 $S \leq -0.3555$ または $S \leq -0.6296$ を満たすものである。

【0015】

また、27PPM機の場合、その不快指数Sを、主観評価実験と重回帰分析によって音圧レベルとシャープネス（高周波成分の相対的な分布）の式で表した。すなわち、

$$\begin{aligned}
 S = & 0.0931 \times (\text{音圧レベル値}) \\
 & + 0.5254 \times (\text{シャープネス値}) \\
 & - 6.1935 \dots \dots (\text{ウ})
 \end{aligned}$$

によって得られる不快指数 S が、 $S \leq -0.448$ または $S \leq -0.672$ を満たすものである。

【0016】

また、上記（ア）、（イ）、（ウ）の式を導出したデータをすべて用いた重回帰分析によって、ラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスィブネス値を用いた式（f）で求められる音の不快指数 S が、式（g）を満たす。この場合、不快指数 S が小さければ不快さが緩和する。

$$(f) \quad S = A \times (\text{ラウドネス値}) + B \times (\text{シャープネス値}) + C \times (\text{トーンリティ}) + D \times (\text{インパルスィブネス値}) + E$$

$$0.209 \leq A \leq 0.249$$

$$0.308 \leq B \leq 0.439$$

$$3.669 \leq C \leq 4.984$$

$$0.944 \leq D \leq 1.461$$

$$-4.280 \leq E \leq -3.274$$

$$(g) \quad S \leq 0.6708 \times \text{Ln}(\text{c p m}) - 2.824$$

$$16 \leq \text{c p m} \leq 70$$

【0017】

さらに、本発明者の先の出願において導出した音質評価式（f）は、シェッフェの対比較法による、供試音 A_i と A_j の平均的な不快効果の差（ $A_i - A_j$ ）を予測するために、心理音響パラメータを説明変数とした定数項がない下記重回帰式 $\alpha_i - \alpha_j = 0.2307484 (x \text{ラウドネス } i - x \text{ラウドネス } j) + 0.3720474 (x \text{シャープネス } i - x \text{シャープネス } j) + 4.3095786 (x \text{トーンリティ } i - x \text{トーンリティ } j) + 1.2007391 (x \text{インパルスィブネス } i - x \text{インパルスィブネス } j) \dots (1)$ を求め、この重回帰式（1）から供試音 A_i の相対的な評点を求める式に変形したものであった。

【0018】

【特許文献1】

特開平9-193506号公報

【非特許文献1】

日本機械学会「第7回設計光学・システム部門講演会“21世紀に向けて設計、システムの革新的飛躍を目指す!”」97年11月10日、11日「音・振動と設計、色と設計(1)」部門第089B

【0019】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この音質評価式(ア)、(イ)、(ウ)によって算出される音質評価値は、音の主観的な相対比較から算出される音の評点を予測する値であるために単位がなく、主観評価実験を行なった範囲内で成立する。したがって、音質評価式が異なる場合は、当然のことながら音質評価値が同じであっても不快さは異なる。たとえば、低速層の音質評価式と、中高速層の音質評価式で算出された値がいずれも「0」で同値であっても、その不快さは同じではない。

【0020】

また、上記式(1)の導出に使用したデータの不快音の評価は、評価者がA_iがA_jより不快である場合には-1を評点として与え、反対にA_jがA_iより不快である場合には1を評点として与えたために、実験による平均的な不快効果(実測値)は、-1から1までの値しかとることができない。ところが、上記重回帰式(1)は、線形モデルであるために、計算による不快効果の予測値は、入力する心理音響パラメータの値によっては、-1より小さい、または1より大きくなる場合があり、図5の楕円に示すように実測値と予測値の取り得る範囲が異なるという不合理な部分が残っていた。

【0021】

また、シェッフェの一対比較法による評価結果は、供試音間の不快さの主観的な距離を求めるものであり、上記重回帰式(1)によって示される相対的な評点は-1~1の範囲をとっているが、単位がない数値であるために、たとえば不快さが0.2改善されたとしても、それがどの程度の効果があるものなのか、値を

見ただけでは判定しにくい、という不具合があった。

【0022】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、低速機から中高速機までの画像形成装置に対する不快音源を、合理的に評価可能とし、かつ理解しやすい不快確率で示した上で、かつ評価精度を向上させることにより、心理的な不快感を緩和することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1にかかる画像形成装置にあっては、画像形成装置の端面から所定距離隔てた位置における稼動音から得られる音圧レベル $dB(A)$ 値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、PPM (A4横サイズの1分間の印刷枚数) 値を用いた式 (a) より得られる不快確率 P が、式 (b) を満たすものである。

【数1】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$z = A \times \text{音圧レベル } i + B \times \text{ラウドネス } i + C \times \text{シャープネス } i + D \times \text{トーンリティ } i \\ + E \times \text{インパルスブネス } i + F \times \text{PPM } i + G \\ (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

A, B, C, D, E, F: 各パラメータに対する回帰係数

G: 切片

$$0.10547717 \leq A \leq 0.15069022$$

$$0.40687921 \leq B \leq 0.53399976$$

$$0.99138725 \leq C \leq 1.166331$$

$$8.38547981 \leq D \leq 10.1721249$$

$$2.57373312 \leq E \leq 3.21686388$$

$$-0.020344 \leq F \leq -0.0106576$$

$$-17.49359273 \leq G \leq -12.70308101$$

..... (a)

$$P \leq 0.1728e^{0.0065PPM} \quad \dots \dots \dots (b)$$

【0024】

この発明によれば、請求項1に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、PPM値を用いた式 (a) によって算出される不快確率 P が、式 (b) を満たす画

像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出が行なえ、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化することが可能になる。

【0025】

また、請求項2にかかる画像形成装置にあつては、前記A～Fの値の範囲は、各係数の推定値に、 $\pm 2\sigma$ （標準誤差）の範囲を加えたものである。

【0026】

この発明によれば、請求項1に記載の画像形成装置において、A～Fの値の範囲に、各係数の推定値に、 $\pm 2\sigma$ （標準誤差）の範囲を加えることにより、不快さを信頼区間95%の範囲で示すことが可能になる。

【0027】

また、請求項3にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置の端面から所定距離隔てた位置における稼動音から得られる音圧レベルdB(A)値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスネス値、PPM(A4横サイズの1分間の印刷枚数)値を用いた式(c)より得られる不快確率Pが、式(b)を満たすものである。

【数2】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z \pm 2\sigma)}$$

$$Z = 0.12808364 \times \text{音圧レベル } i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値 } i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値 } i + 9.27879937 \times \text{トーンリティ値 } i$$

$$+ 2.89529674 \times \text{インパルスネス値 } i - 0.0155008 \times \text{PPMi} - 15.09832827$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$\sigma : \text{標準誤差} = 0.871894$$

$$\dots\dots\dots (c)$$

$$P \leq 0.1728e^{0.0065PPM} \dots\dots\dots (b)$$

【0028】

この発明によれば、請求項3に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスネス値、PPM値を用いた式(c)によって算出される不快確率Pが、式(b)を満たす画像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せ

られる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出が行なえ、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化することが可能になる。

【0029】

また、請求項4にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置の端面から所定距離隔てた位置における稼動音から得られる音圧レベル d B (A) 値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トナリティ値、インパルスネス値、PPM (A4横サイズの1分間の印刷枚数) 値を用いた式 (d) より得られる不快確率 P が、式 (b) を満たすものである。

【数3】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$z = 0.12808364 \times \text{音圧レベル } i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値 } i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値 } i + 9.27879937 \times \text{トナリティ値 } i + 2.89529674 \times \text{インパルスネス値 } i - 0.0155008 \times \text{PPM } i - 15.09832827 \quad \dots\dots (d)$$

$$P \leq 0.1728e^{0.0065\text{PPM}} \quad \dots\dots (b)$$

【0030】

この発明によれば、請求項4に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トナリティ値、インパルスネス値、PPM値を用いた式 (d) によって算出される不快確率 P が、式 (b) を満たす画像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出が行なえ、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化することが可能になる。

【0031】

また、請求項5にかかる画像形成装置にあつては、前記不快確率 P を算出する式 (a)、(c)、(d) を、音の一対比較の優劣の確率を予測する多重ロジスティック回帰モデル

【数 4】

$$\hat{p}_{ij} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[- \left(\sum_{l=1}^L b_l (x_{li} - x_{lj}) \right) \right] \right\} \quad (e)$$

 b_l : 回帰係数 x_{li}, x_{lj} : 一対比較する音の心理音響パラメータ値 $(i = 1, 2, 3, \dots, n), (l = 1, 2, 3, \dots, L)$

より、回帰モデル式の導出時に使用した全サンプルの心理音響パラメータ値の平均値を用い、単独の音の不快確率を予測する式に変換するものである。

【0032】

この発明によれば、請求項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置において、一対比較の効果の差を変数としたことにより、式の導出実験に用いる音の全組み合わせによる比較実験ではなく、一部の組み合わせである不完備型の一対比較の実験で済み、かつ音の組み合わせによって音の比較を行なう被験者数が異なってもよい。また、ロジット変換において、2 音を比較したときの不快さの勝敗確率（一対比較の効果）が、心理音響パラメータ値の差で推定することが可能になる。さらに、式（e）を変換することにより、2 音を比較するということではなく、比較対象音の心理音響パラメータ値を入力することにより、基準値と相対比較した場合の音の不快確率が得られる式の導出が可能になる。

【0033】

また、請求項 6 にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置から放射される音に対し、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて少なくとも操作部方向の音の前記不快確率 P を、許容値以下とするものである。

【0034】

この発明によれば、請求項 1～4 のいずれか一つに記載の画像形成装置において、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7779 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で少なくとも操作部方向（前方向）の音の不快確率 P を許

容値以下に抑えることで人間が聴くことが多い方向での不快感をなくすることができる。

【0 0 3 5】

また、請求項 7 にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置から放射される音に対し、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて前後左右 4 方向の音の前記不快確率 P の平均値を許容値以下とするものである。

【0 0 3 6】

この発明によれば、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の画像形成装置において、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7 7 7 9 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で前後左右 4 方向の音の不快確率 P の平均値を許容値以下に抑えることで、画像形成装置 4 面での平均的な不快感をなくすることができる。

【0 0 3 7】

また、請求項 8 にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置から放射される音に対し、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて少なくとも 1 面以上の音の前記不快確率 P を許容値以下とするものである。

【0 0 3 8】

この発明によれば、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の画像形成装置において、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7 7 7 9 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で少なくとも 1 面以上の音の不快確率 P を許容値以下に抑えることにより、許容値以下の面を人間が多い方向に向けて設置することで不快感をなくすることができる。

【0 0 3 9】

また、請求項 9 にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置から放射され

る音に対し、画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて 4 面すべての音の不快確率 P を許容値以下とするものである。

【0040】

この発明によれば、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の画像形成装置において、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7779 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で 4 面すべての音の不快確率 P を許容値以下に抑えることでどのように設置しても不快感をなくすことができる。

【0041】

また、請求項 10 にかかる画像形成装置にあつては、前記式 (b) を満足するために、高周波成分を低減する高周波成分低減手段を備えたものである。

【0042】

この発明によれば、請求項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置において、式 (b) を満足するために高周波成分を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がる。

【0043】

また、請求項 11 にかかる画像形成装置にあつては、前記高周波成分低減手段は、給紙搬送手段におけるガイド部材と記録紙との摺動音を低減する摺動音低減手段でなるものである。

【0044】

この発明によれば、請求項 10 に記載の画像形成装置において、給紙搬送手段におけるガイド部材と記録紙との摺動音を低減して、高周波成分の発生を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がる。

【0045】

また、請求項 12 にかかる画像形成装置にあつては、前記式 (b) を満足するために、衝撃音を低減する衝撃音低減手段を備えたものである。

【0046】

この発明によれば、請求項1、3または4に記載の画像形成装置において、式(b)を満足するために衝撃音を抑制することにより、心理音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がる。

【0047】

また、請求項13にかかる画像形成装置にあつては、前記衝撃音低減手段は、複数の給紙段を有する給紙搬送路それぞれに設けられた電磁クラッチの動作を、使用する給紙段以上の電磁クラッチとするように制御する給紙搬送制御手段であるものである。

【0048】

この発明によれば、請求項12に記載の画像形成装置において、使用する給紙段の電磁クラッチのみを動作させて金属衝撃音を低減することにより、心理音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がる。

【0049】

また、請求項14にかかる画像形成装置にあつては、前記式(b)を満足するために、純音成分を低減する純音成分低減手段を備えたものである。

【0050】

この発明によれば、請求項1、3または4に記載の画像形成装置において、式(b)を満足するために純音成分を抑制することにより、心理音響パラメータのトナリティ値が低下する。

【0051】

また、請求項15にかかる画像形成装置にあつては、前記純音成分低減手段は、交流バイアスによる帯電時に発生する帯電音を低減する帯電音低減手段であるものである。

【0052】

この発明によれば、請求項14に記載の画像形成装置において、純音成分を抑制するためにAC帯電音を低減させることにより、心理音響パラメータのトナリティ値が低下する。

【 0 0 5 3 】

また、請求項 1 6 にかかる画像形成装置にあつては、前記帯電音低減手段は、像担持体の固有振動数を前記交流バイアスの周波数に自然数を乗じた周波数とは異なる周波数にするものである。

【 0 0 5 4 】

この発明によれば、請求項 1 5 に記載の画像形成装置において、A C 帯電音を低減するために像担持体の固有振動数と交流バイアス周波数の自然数倍の周波数とを異なる値にすることにより、心理音響パラメータのトーンリティ値が低下する。

【 0 0 5 5 】

また、請求項 1 7 にかかる画像形成装置にあつては、前記帯電音低減手段は、像担持体の内部に吸音部材を設けたものである。

【 0 0 5 6 】

この発明によれば、請求項 1 5 に記載の画像形成装置において、A C 帯電音を低減するために像担持体の内部に吸音部材を設けることにより、心理音響パラメータのトーンリティ値が低下する。

【 0 0 5 7 】

また、請求項 1 8 にかかる画像形成装置にあつては、前記帯電音低減手段は、像担持体に制振部材を設けたものである。

【 0 0 5 8 】

この発明によれば、請求項 1 5 に記載の画像形成装置において、A C 帯電音を低減させるために像担持体に制振部材を設けることにより、心理音響パラメータのトーンリティ値が低下する。

【 0 0 5 9 】

また、請求項 1 9 にかかる画像形成装置にあつては、記録紙の搬送経路に、前記記録紙の搬送経路を規制する際に、端部エッジ部分を屈曲、または $1/2$ 以下の厚さの可撓性シートで構成されるガイド部材を設けたものである。

【 0 0 6 0 】

この発明によれば、請求項 1、3 または 4 に記載の画像形成装置において、記

録紙の搬送路に、端部エッジ部分を屈曲、または $1/2$ 以下の厚さの可撓性シートで構成されるガイド部材を設けたことにより、記録紙ガイドの端部エッジと記録紙との摺動音が抑制され、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値が低下する。

【0 0 6 1】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる画像形成装置の好適な実施の形態について添付図面を参照し、（画像形成装置の構成）、（画像形成装置の音質評価式の導出）、（画像形成装置の不快感の低減対策）の順で詳細に説明する。なお、本発明はこの実施の形態に限定されるものではない。

【0 0 6 2】

（画像形成装置の構成）

図 1 は、本発明の実施の形態にかかる画像形成装置（卓上型）の構成例を示す説明図である。図において、符号 1 は静電潜像およびトナー像が形成される感光体ドラム、符号 2 は感光体ドラム 1 上に形成されたトナー像を記録紙に転写するための転写ローラ、符号 3 は感光体ドラム 1 上にトナー像を形成するためのプロセスカートリッジ、符号 4 は記録紙を 1 枚ずつ繰り出す本体給紙トレイ、符号 5 は本体給紙トレイ 4 と同様に記録紙を 1 枚ずつ繰り出すバンク給紙トレイ、符号 6 は記録紙を 1 枚差し込むことで給紙を行なうための手差しトレイ、符号 7 は記録紙に転写されたトナー像を熱・圧力の作用で定着する定着ユニット、符号 8 は感光体ドラム 1 上に画像を書き込むための書き込みユニット、符号 9 は定着後の記録紙を排紙する排紙トレイ、符号 10 は記録紙を繰り出す給紙ローラ、符号 11 は感光体ドラム 1 上のトナー像と位置合わせを行なうように起動／停止するレジストローラ、符号 12 は記録紙を排紙トレイ 9 に搬送する排紙ローラを示している。

【0 0 6 3】

図 1 に示す画像形成装置では、本体給紙トレイ 4、バンク給紙トレイ 5、手差しトレイ 6、給紙ローラ 10、レジストローラ 11 などの給紙搬送系が配設されている、記録紙は、給紙搬送系からプロセスカートリッジ 3 の作像側を通過して画

像が転写された後、定着ユニット 7、排紙ローラ 12 を経て排紙トレイ 9 に排紙される。

【0064】

また、プロセスカートリッジ 3 の上方には、LD ユニット、ポリゴンミラー、 $f\theta$ レンズ（いずれも不図示）などから構成される書き込みユニット 8 が配設されている。この他に図示しないが、感光体ドラム 1 や各ローラの回転駆動を行なうための駆動モータ、ソレノイド、クラッチ（メカクラッチ、電磁クラッチ）を含む駆動伝達系が設けられている。このように構成された画像形成装置では、画像形成時に、上記駆動モータと駆動伝達系の駆動音、ソレノイド・クラッチの動作音、記録紙の給紙搬送音、帯電音などが放射される。

【0065】

図 2 は、図 1 におけるプロセスカートリッジ 3 の構成例を示す説明図である。このプロセスカートリッジ 3 は、帯電手段としての帯電ローラ 21 と、現像手段としての現像ローラ 22 と、クリーニング手段としてのクリーニングブレード 23 と、トナー 24 を攪拌し現像ローラ 22 に送り出すアジテータ 25 と、攪拌軸 26 と、現像ブレード 27 と、を備えている。帯電ローラ 21 は、芯金部 21a、帯電部 21b と、から構成される。

【0066】

像担持体としての感光体ドラム 1 の周りには、帯電ローラ 21、現像ローラ 22、クリーニングブレード 23 が所定の条件で配置されている。そして、プロセスカートリッジ 3 内のトナー 24 は、アジテータ 25、攪拌軸 26 によって攪拌され、現像ローラ 22 まで運ばれる。現像ローラ 22 内の磁力によってローラ表面に付着したトナー 24 は、現像ブレード 27 を通過するとき、摩擦帯電によってマイナスに帯電する。マイナスに帯電したトナーは、バイアス電圧によって感光体ドラム 1 に移動し、静電潜像に付着する。

【0067】

レジストローラ 11 により送られた記録紙が感光体ドラム 1 と転写ローラ 2 の間を通過するとき、転写ローラ 2 からのプラス電荷により、感光体ドラム 1 上のトナーが記録紙に転写する。感光体ドラム 1 上に残ったトナーは、クリーニング

ブレード 23 によって掻き取られ、クリーニングブレード 23 の上方にあるタンク内に廃トナーとして回収される。転写ローラ 2 以外はプロセスカートリッジ 3 として一体化されており、ユーザが交換できるようになっている。

【0068】

図 3 は、図 2 における帯電ローラ 21 の構成を示す説明図である。図 2 および図 3 に示すように、帯電ローラ 21 は、感光体ドラム 1 に常に所定圧で接触しながら、摩擦力による従動回転を行なって感光体ドラム 1 の表面を一様に一次帯電する帯電部材である。この帯電ローラ 21 は、図 2 に示すように、回転軸となる芯金部 21a と、芯金部 21a の周りに同心状に形成される帯電部 21b と、から構成されている。

【0069】

そして、この帯電ローラ 21 には、帯電処理を行なうにあたり、高圧電源から電極端子 31、帯電ローラ加圧スプリング 32、導電性軸受 33 を介し、その芯金部 21a に、直流電圧に交流電圧が重畳されたバイアス電圧が印加され、この帯電ローラ 21 は、感光体ドラム 1 を、バイアス電圧の直流成分と同一電圧に一様に帯電させる。バイアス電圧の交流成分は、感光体ドラム 1 を、帯電ローラ 21 によってむらなく一様に帯電させる働きをしている。

【0070】

ここで、帯電むらに起因する画像むらの発生を回避するために、帯電むらが生じない交流成分の周波数の適正值について説明する。一般的に、1 分間当たりのプリント枚数 (PPM) が大きくなると、交流成分の周波数も大きくする必要がある。具体的には、1 分間当たりの印刷枚数が 16 PPM 以上を考えた場合、交流成分の周波数の適正值は 1000 Hz 以上が望ましい。しかし、これよりも PPM が小さい機械の場合、これほど高い周波数に設定する必要はない。

【0071】

ところで、帯電ローラ 21 によって感光体ドラム 1 を接触帯電させる場合、バイアス電圧の交流成分に起因して、帯電ローラ 21 と感光体ドラム 1 の表面間に引力と斥力が交互に作用し、帯電ローラ 21 に振動を生じさせる。そして、帯電ローラ 21 のこの振動は、帯電ローラ 21 自身に周波数の高い耳障りな振動音 (

帯電音)を生じさせると共に、感光体ドラム1側にも伝わり、感光体ドラム1を振動させ騒音を発生させる。

【0072】

一般的に、帯電音は、交流成分の周波数とその整数倍の高調波からなる。交流成分の基本周波数が1000Hzの場合、2次の高調波2000Hz、3次の高調波3000Hz・・・と帯電音が発生することが多いが、次数が高くなるほど音圧レベルが下がっていくことが多い。ところで、画像形成装置から振動が発生する場合、200Hz未満の周波数は、画像にバンディングとして現われ、200Hz以上の周波数は音としてよく聞こえるようになる。聴覚的に、200Hz未満の周波数の音は、耳の感度が悪くなるため、あまり問題になることはない(ラウドネス：聞こえの大きさが小さい)。よって、帯電音に関しても、帯電時の交流成分が200Hz以上となる場合を考慮すればよい。

【0073】

図4は、本発明の実施の形態にかかる画像形成装置(コンソール型)の構成例を示す説明図である。すなわち、床面に設置して使用されるように全高が高く設計され、その全体が上部(ADF(自動原稿搬送装置)110、スキャナ120、書き込みユニット130、作像エンジン140)100、下部(バンク給紙ユニット170)とから構成されるコンソール型のデジタル複写機を示している。このようなタイプの複写機は一般的に高速機である。なお、画像書き込みから作像のプロセスは先に述べた図1の卓上型と原理的に同じである。

【0074】

上部100は、筐体内に光学要素(スキャナ120、書き込みユニット130)を収容した光学ユニットと、その下方に位置する作像エンジン140と、筐体上部に配置するADF110と、を有している。

【0075】

図4において、符号101は静電潜像が形成される像担持体としての感光体ドラム、符号102は帯電チャージャ、符号103は現像ユニット、符号104は転写・分離チャージャ、符号105はクリーニングユニット、符号106は定着ユニット、符号107はレジストローラ、符号111は原稿台、符号112はコ

ンタクトガラス、符号 113 は露光ランプ、符号 114 は第 1 ミラー、符号 115 は第 2 ミラー、符号 116 は第 3 ミラー、符号 117 は結像レンズ、符号 118 は CCD、符号 119 はミラー、符号 190 はロック機能付きのキャスターである。

【0076】

すなわち、スキャナ 120 は、原稿を載置するコンタクトガラス 112 と走査光学系で構成されている。走査光学系は、露光ランプ 113 と第 1 ミラー 114 を搭載した第 1 キャリッジと、第 2 ミラー 115 と第 3 ミラー 116 を保持する第 2 キャリッジと、結像レンズ 117 と、CCD 118 と、を備えている。なお、原稿読み取り時にはステッピングモータにより駆動されて一定の速度で移動する第 1 キャリッジと、第 1 キャリッジの $1/2$ の速度で駆動される第 2 キャリッジと、を備えている。

【0077】

この第 1 キャリッジ、第 2 キャリッジによりコンタクトガラス 112 上の原稿（不図示）が光学的に走査され、そこで得られた反射光は、露光ランプ 113、第 1 ミラー 114、第 2 ミラー 115、第 3 ミラー 116、結像レンズ 117 を介して CCD 119 上に結像され光電変換される。

【0078】

書き込みユニット 130 は、レーザ出力ユニット、 $f\theta$ レンズ、ミラー（いずれも不図示）などを備えている。レーザ出力ユニットの内部には、レーザ光源であるレーザダイオードやポリゴンミラーが備わっている。

【0079】

画像処理部から出力された画像信号は、書き込みユニット 130 により、この画像信号に対応した強度を有するレーザ光に変換され、コリメートレンズ、アパーチャー、シリンダレンズにより一定形状の光束に整形されてポリゴンミラーに照射され、出力される。書き込みユニット 130 から出力されたレーザ光は、ミラー 119 を介して感光体ドラム 101 に照射される。また、 $f\theta$ レンズを通過したレーザ光は、画像領域外に配置された主走査同期検知信号を発生するビームセンサー（不図示）に照射される。

【0080】

ADF110は、原稿台111にセットされた原稿を1枚ずつコンタクトガラス112へ搬送し、読み取り後に排紙する。すなわち、原稿は原稿台111にセットされ、サイドガイドにより幅方向が揃えられる。原稿台111上の原稿は、一番下の原稿から給紙ローラにより1枚ずつ給紙され、搬送ベルト153により、コンタクトガラス101上に送られる。コンタクトガラス112上の原稿は読み取り終了後、搬送ベルトおよび排紙ローラにより排紙トレイ上に排紙される。

【0081】

バンク給紙ユニット170の、第1トレイ171、第2トレイ172、第3トレイ173、第4トレイ174に積載された記録紙は、それぞれ第1給紙装置175、第2給紙装置176、第3給紙装置177、第4給紙装置178によって給紙され、さらにバンク縦搬送ユニット179、本体縦搬送ユニット180によって搬送される。この記録紙の先端がレジストセンサー（不図示）で検出されると一定時間搬送された後、レジストローラ107のニップ部分で一旦停止して待機状態となる。

【0082】

上記待機した記録紙は、画像有効信号のタイミングに合わせて感光体ドラム101側に送出され、転写・分離チャージャ104の転写オンにより感光体ドラム101に密着し、画像が転写される。さらに感光体ドラム101から分離オンにより記録紙を感光体ドラム101から分離する。このトナー像が転写された記録紙は、搬送装置により搬送され、定着ローラおよび加圧ローラでなる定着ユニット106の熱・加圧作用により定着され、排紙ローラ181によって機外に排紙される。

【0083】

このように、感光体ドラム101への画像形成は、帯電チャージャ102によって感光体ドラム101上に帯電された電荷をレーザ光を照射することにより静電潜像を形成し、現像ユニット103によって感光体ドラム101上に画像を形成する。

【0084】

両面ユニット 185 を使用して両面印刷を行なう場合には、定着後の記録紙を、切り換え爪 128 によって両面搬送路 186 に導き、フィードローラ 132、分離コロ 133 を通過して両面トレイに集積する。トレイに集積された記録紙は、トレイが上昇することによりフィードローラと接触し、フィードローラが回転することにより本体縦搬送ユニット 180 に送られ、レジストローラ 107 へ再給紙された後に裏面に対して印刷が行なわれる。

【0085】

反転排紙を行なう場合には、切り替え爪 167 によって記録紙を反転専用トレイ 164 方向に導き、さらに記録紙の後端が反転検知センサー 168 を通過すると、搬送コロ 169 が逆転し、排紙トレイ方向に導き、あらかじめ設定したトレイに排紙する。

【0086】

(画像形成装置の音質評価式の導出)

本願発明者は、上述した低速機、中速機、高速機の 3 層にわたる画像形成装置の不快音に対して音を聞いたときに感じる不快確率を、改善効果の大きい心理音響パラメータの組み合わせで推測する音質評価式、すなわち、客観的な音質評価式の導出に成功した。また、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似式として提案することができた。さらに、本願発明者は、導出した音質評価式において、不快感を感じさせない条件を提案することに成功した。以下、低速から高速の画像形成装置の騒音の不快確率を算出した音質評価式の導出および不快感を感じさせない条件などについて説明する。

【0087】

さて、シェッフエ (S c h e f f e 's) 法は、評点に加法性が成り立つとするモデルなので、これまで出願してきたような音質評価式の導出方法を採用したが、図 5 の楕円で示す部分の予測値が、1 と -1 の間から外れている。つまり、現実には取り得ない値を算出してしまうので、若干、不合理な部分が存在することになる。

【0088】

そこで、本発明においては、音質予測モデルに、以下のような多重ロジスティ

ック回帰モデル (multiple logistic regression model) を適用した。

【0089】

【数5】

$$\hat{p}_{ij} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[- \left(\sum_{l=1}^L b_l (x_{li} - x_{lj}) \right) \right] \right\} \quad \dots (2)$$

【0090】

式(2)は、先に示した重回帰式(1)を改良したもので、供試音A_jとA_iとの優劣を平均的な差として表わしていたものを、A_jとA_iの優劣の勝敗を確率として予測するものである。

【0091】

【数6】

$$p_{ij} = \frac{\pi_i}{\pi_i + \pi_j}, 1 - p_{ij} = \frac{\pi_j}{\pi_i + \pi_j}$$

【0092】

ここで、P_{ij}は試料対(A_i, A_j)を比較してA_iが不快と感じる確率、反対に(1 - P_{ij})はA_jが不快と感じる確率である。この確率は、 π_i を試料A_iが不快とされた度数、 π_j は試料A_jが不快とされた度数、とすれば簡単に計算できるので、式(1)を導出するために使用したデータをそのまま転用できるというメリットがある。確率P_{ij}は、二項分布(binomial distribution)にしたがうことが統計的に知られており、その期待値が心理音響パラメータに影響を受けるという仮定が満たされるとき、式(2)の乗法モデルを用いることが合理的である。

【0093】

多重ロジスティック回帰モデルは、確率P_{ij}を予測するモデルであるから、予測される不快確率(下記数7)は0から1の間を取るので、合理的な指標を求めることができる。

【0094】

【数 7】

$$\hat{p}_j$$

【0095】

ここで、ロジット変換とロジスティック回帰分析について簡単に説明する。画像形成装置で発生する不快音の原因の一つにラウドネスがある。ここでは、説明を簡単にするために音の不快さの要因はラウドネス値だけに起因するものとする。

【0096】

2つの供試音（A1，A2）について、どちらが不快な音であるかをn人が比較したときに、ラウドネスに差がなければ、A1が不快である確率とA2が不快である確率は、同じ50%であることが期待される。つぎに、A1に較べてA2のラウドネスが1（sone）だけ小さいとき、A2が不快であると答えた確率が25%になったとする。さらに、A1に較べてA2のラウドネスが2（sone）だけ小さくなると、A2が不快であると答えた確率はさらに25%下がり0%になるとは考えにくい。ラウドネスが1（sone）小さくなると不快の確率が25%下がったと考えるより、確率が半分になったと考え、同様な対策努力をすることで、 $25 \times (1/2) = 12.5\%$ になると考える方が自然である。このように音質改善効果には、加法性が成立するのではなく、乗法性が成立する。乗法性が成立する場合には、対数 $\ln(p)$ をとると加法性が成立する。また、歩留りのように100%の限界に挑戦する場合には、 $-\ln(1-p)$ をとればよい。この2つを組合せた、下記式（3）はロジット変換（logit transformation）と呼ばれる。

【0097】

【数 8】

$$z = \ln(p) - \ln(1-p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad \dots (3)$$

【0098】

【数 9】

$$p = \frac{\exp(z)}{1 + \exp(z)} = \frac{1}{1 + \exp(-z)} \quad \dots (4)$$

【0099】

また、式(3)の逆変換は、式(4)によって与えられる。このことは、0から1までの確率 p に S 字型曲線 (シグモイド関数) をあてはめたとき、その曲線をロジスティック分布 (logistic distribution) の累積分布関数で近似していることになる。

【0100】

図6に示すグラフは、確率 p に対するロジット変換の効果を示したものであり、ロジット変換により線形性が成り立つことが分かる。したがって、 z を目的変数として、通常の回帰分析を適用して z を推定し、式(4)による逆変換により p の推定を求めることができる。このように、不良率や割合である p を目的変数とする予測では、 $p = r/n$ をロジット変換し、それを目的変数として回帰分析 (regression analysis) するとよい。これをロジスティック回帰分析という。ただし、 r が 0 と n のときは、 z を求めることができない ($0 \rightarrow -\infty$, $n \rightarrow \infty$) ので、下記式(5)とする。なお、この変換は経験ロジットと呼ばれる。

【0101】

【数 10】

$$z = \ln \frac{r+1/2}{n-r+1/2} \quad \dots (5)$$

【0102】

しかし、この変換のままだと、 n の大きいサンプルも n の小さいサンプルも同等に扱っているので、 n の大きさに対応した重みを加える必要がある。さらに、残差分散が率によって異なる。特に p が 0 や 1 の近傍ではロジット z の分散が大きくなり不都合である。これらの点を考慮したのが、本来のロジスティック回帰分析である。

【0103】

ここで、本発明の音質評価式の算出方法について述べる。幾つかの供試音 A_i ($i = 1, 2, \dots, L, \dots, a$) を用意して、一対比較する供試音対 (A_i, A_j) を作成する。本方法では、音刺激 a 個についての全組合せの刺激対について、順序効果を考慮した $a \times (a - 1)$ 回の一対比較法 (method of paired comparison) による実験を行なうことが望ましいが、実験回数を減らすために心理音響パラメータ値から、重要な供試音対についてのみの不完備型の一対比較実験を行なうことも可能である。よって、本音質評価式の導出では、不完備型の一対比較実験データを使用している。

【0104】

また、本音質評価式の導出では、一対比較による評価は、 A_i と A_j を比較してどちらが不快であるか選択するという簡単なものであり、原則として同程度を許さないことにする。ただし、シェッフエの方法とその改良法（芳賀変法、浦変法、中屋変法）については、累積ロジスティック回帰モデルを使用して、また、ブラドレー・テリー法では本音質評価式を使用して、あらゆる一対比較法のデータについても適用することが可能である。

【0105】

以下に音質評価実験の概略および手順、音質評価式の導出の流れを示す。

1. 画像形成装置の速度領域各々での実験

- (1) 画像形成装置稼動音のダミーヘッドによる録音
- (2) 上記稼動音の加工、加工音を複数作成（供試音の作成）
- (3) 作成した供試音の心理音響パラメータの測定
- (4) 供試音による一対比較法実験

2. ロジスティック回帰分析

【0106】

この実施の形態では、低速層、中速層、高速層の3つ画像形成装置について、それぞれ実験を行なった。

【0107】

- (1) 画像形成装置稼動音のダミーヘッドによる録音

画像形成装置の前面の稼動音を、ヘッドアコースティクス社製ダミーヘッドH

MS (Head Measurement System) IIIにより音を採取し、ハードディスクにバイノーラル (両耳覚) 録音を行なった。

【0108】

バイノーラル (両耳覚) 録音し、専用ヘッドホンで再生することにより、実際に人間が機械の音を聞いた感覚で再現できる。測定条件は以下の通りである。

- ①録音環境 : 半無響室
- ②ダミーヘッドの耳の位置 : 高さ 1.2 m, 機器端面からの水平距離 : 1 m
- ③録音モード : FF (フリー・フィールド→無響室用)
- ④HP フィルター : 22 Hz

【0109】

上記の測定条件でダミーヘッドの耳の高さが 1.2 mなのは、最近の画像形成装置の使われ方として、パーソナルコンピュータからプリント指令を出してプリンタとして使用することが多くなったため、椅子に座った状態で画像形成装置の稼働音を聞く場合が多いことを考慮したものである。人間が標準的な椅子に座った状態だと、約 1.2 mの高さとなる。また、立ったままの状態だと耳の位置は 1.5 mが標準位置である。これらは ISO 7779 で定められている。本実験では耳の高さ 1.2 mで音を採取したが、同じ高さで採取した音を比較するならば、どちらの高さであってもかまわない。

【0110】

図 25 は、上記録音に使用した標準試験台の構造を示す説明図である。この標準試験台 200 は、ISO 7779 の付属書 A に明記してある仕様に準拠している。標準試験台 200 は、0.04 m から 0.1 m 厚の合わせ木板製であり、その面積は 0.5 m^2 以上で、最小の横方向の長さは 0.7 m である。

【0111】

図 1 で示したような卓上型の画像形成装置 (この実施の形態では 20 PPM 機) を標準試験台 200 の中央に設置し、音の測定および採取を行なう。一方、図 4 に示したようなコンソール型の画像形成装置 (この実施の形態では、27 PPM 機、65 PPM 機) は、そのまま床に設置した状態で音の測定および音の採取を行なえばよい。

【0 1 1 2】

図 2 6 は、被測定機 2 0 1 に対するダミーヘッド 2 0 3、マイクロホン位置 2 0 4 を上面からみた説明図である。半無響室の十分にスペースがある場所に被測定機 2 0 1 を設置し、操作部 2 0 2 がある方向を前面、前面にオペレータがいるとき、オペレータから見て被測定機 2 0 1 の向かって右方向を右面、向かって左方向を左面、前面の反対側を後面として音の測定および採取を行なう。

【0 1 1 3】

この前後左右のそれぞれの方向に、図 2 6 に示すように、ダミーヘッド 2 0 3 の前面を被測定機 2 0 1 に向かわせて各面の中央に設置する。また、ダミーヘッド 2 0 3 と被測定機 2 0 1 の端面からの水平距離は、ダミーヘッド 2 0 3 の耳の位置（マイクロホン位置）2 0 4 が被測定機 2 0 1 の端面から $1.00\text{ m} \pm 0.03\text{ m}$ になるように設置する。このように、画像形成装置の 4 方向における放射音を採取する。

【0 1 1 4】

ところで、画像形成装置の音は、方向別に異なるのが普通である。これは、モータ駆動系の位置、通紙経路のレイアウト、外装の開口状態、排紙口の位置などにより、各面から発生する音の周波数分布やエネルギー量が異なることに起因する。すなわち、音源によっては、右面ではよく聞こえるが、左面ではほとんど聞こえないことがある。また、前面で右面と左面の間ぐらいのレベルに聞こえるということもある。

【0 1 1 5】**(2) 稼動音の加工、加工音を複数作成（供試音の作成）**

画像形成装置の稼動音をヘッドアコースティックス社製音質解析ソフト Artemis（アルテミス）によって音の加工を行なった。実験に使用する供試音は、4 方向のうちのどの方向で採取した音でもよいが、一対比較実験を行なう場合に、採取した方向を統一して供試音とする必要がある。本実験では、画像形成装置の前面の音が左面、右面から放射する音も均等に聞くことができるという理由で前面で採取した音で統一した。画像形成装置前面の音は、操作部があるためにユーザーがその音を聞く機会が多い。また、前面位置からは後面の音が全く聞こ

えないことになるが、使用時に後面はオフィスの壁側に沿わせて設置することが多く、ユーザーも後面の音を聞く機会が少ない。これらのことも合わせて考えると、前面の音を供試音として使用するのが最適である。

【0 1 1 6】

音の加工方法は、録音した画像形成装置の稼動音から、画像形成装置の主要音源の部分を周波数軸上または時間軸上で減衰、または強調を行なう。主要な音源とは、金属衝撃音、紙衝撃音、紙摺動音、モータ駆動系音、A C 帯電音などである。この主要な音源は画像形成装置の構成によって異なる。たとえば、D C 帯電方式を採用している画像形成装置は、帯電音の発生がない。

【0 1 1 7】

画像形成装置の前後左右の音はそれぞれ異なるが、4 方向の音の心理音響パラメータ値の違いよりも、前面の音の主要音源に対して3 水準振った供試音の方が、心理音響パラメータが取り得る値の範囲が広いことを確認してある。すなわち、画像形成装置の代表となる主面の音について本方式のような供試音を作成し、主観評価実験を行なうことにより、画像形成装置の4 方向（4 面）の音の特性を含んだ音質評価式の導出が可能である。また、導出した音質評価式により4 方向の不快さを算出することができる。1 機種について各音源とも3 水準（強調・原音のまま・減衰）の音圧レベルを振り、音源の水準が異なる組み合わせをL 9 の直交表に基づいて9 音作成した。総当りの比較実験をする必要があるので、9 音だと7 2 通りの比較実験を行なうことになる。

【0 1 1 8】

（3）作成した供試音の心理音響パラメータの測定

画像形成装置の原音および加工した音について、ヘッドアコースティック社製音質解析ソフトA r t e m i S によって心理音響パラメータを求めた。A r t e m i S では、心理音響パラメータを求める際に、様々な設定を選ぶことができるが、今回はデフォルトの設定を採用した。

【0 1 1 9】

たとえば、ラウドネスでは、C a l u c u l a t i o n m e t h o d として『F F T / I S O 5 3 2』，『F i l t e r / I S O 5 3 2』，『F F T / H E

AD』の3つから選択することができるが、ここでは、デフォルトの『FFT／ISO532』を採用し、Spectrum Sizeはデフォルトの4096で行なった。また、シャープネスについては、Calculation methodはデフォルトの『FFT／ISO532』を採用し、Sharpness methodは、『Aures』、『von Bismarck』のうち、デフォルトの『Aures』を採用した。Spectrum Sizeはデフォルトの4096で行なった。また、他の心理音響パラメータはラウドネスと相関があり、ラウドネスの設定によって自動的に変化する。この物理量の計算結果を表1～表4にまとめた。なお、表1～表4で低速機の原因は1，中速機の原因は1，高速機の原因は5である。

【0120】

【表 1】

供試音	音圧レベル dB(A)	ラウドネス (sone)	シャープネス (acum)	トナリティ (tu)	インパルスシャープネス (iu)	ラフネス (asper)	レタティフ・ アッローチ	PPM	PPM Ave
低速20ppm機 1	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	1.90	1.76	20.0	20.0
低速20ppm機 2	56.5	8.8	2.3	0.20	0.61	2.00	1.93	20.0	20.0
低速20ppm機 3	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	1.40	1.53	20.0	20.0
低速20ppm機 4	55.9	8.8	2.2	0.14	0.66	2.20	1.82	20.0	20.0
低速20ppm機 5	54.2	8.6	1.4	0.22	0.29	1.40	1.89	20.0	20.0
低速20ppm機 6	54.2	8.2	2.2	0.10	0.68	2.10	1.61	20.0	20.0
低速20ppm機 7	51.8	6.8	2.4	0.11	0.43	1.60	1.64	20.0	20.0
低速20ppm機 8	54.0	7.5	2.3	0.21	0.48	1.65	1.88	20.0	20.0
低速20ppm機 9	53.6	7.0	2.4	0.07	0.76	2.15	1.64	20.0	20.0
中速27ppm機 1	51.0	6.9	2.4	0.05	0.40	1.45	1.31	27.0	27.0
中速27ppm機 2	56.3	9.0	2.9	0.06	0.40	1.65	1.41	27.0	27.0
中速27ppm機 3	47.1	4.8	2.1	0.04	0.48	1.05	1.09	27.0	27.0
中速27ppm機 4	54.6	7.9	3.1	0.04	0.45	1.55	1.28	27.0	27.0
中速27ppm機 5	55.7	6.9	1.8	0.05	0.43	1.45	1.29	27.0	27.0
中速27ppm機 6	57.7	7.6	2.3	0.07	0.42	1.55	1.40	27.0	27.0
中速27ppm機 7	49.2	5.7	1.8	0.08	0.42	1.15	1.23	27.0	27.0
中速27ppm機 8	52.1	6.3	2.8	0.04	0.48	1.35	1.13	27.0	27.0
中速27ppm機 9	50.1	6.8	3.2	0.05	0.42	1.35	1.34	27.0	27.0
高速65ppm機 1	51.3	7.6	2.1	0.03	0.50	1.60	1.84	65.0	65.0
高速65ppm機 2	59.1	11.9	2.4	0.08	0.49	1.90	2.20	65.0	65.0
高速65ppm機 3	57.2	10.7	2.1	0.05	0.51	2.00	2.13	65.0	65.0
高速65ppm機 4	59.2	12.0	2.7	0.06	0.47	1.95	2.04	65.0	65.0
高速65ppm機 5	55.3	10.0	2.4	0.04	0.48	1.85	2.00	65.0	65.0
高速65ppm機 6	58.9	11.0	1.9	0.08	0.50	1.85	2.21	65.0	65.0
高速65ppm機 7	60.3	12.3	2.3	0.06	0.52	2.05	2.13	65.0	65.0
高速65ppm機 8	60.3	11.5	2.1	0.05	0.54	2.15	2.18	65.0	65.0
高速65ppm機 9	58.2	10.8	3.1	0.03	0.57	1.95	1.96	65.0	65.0
ブレ実験 1	53.3	8.7	2.2	0.03	0.47	1.70	1.86	65.0	34.8
ブレ実験 2	56.4	10.4	2.8	0.03	0.52	1.90	2.05	65.0	34.8
ブレ実験 3	56.3	9.0	2.9	0.06	0.40	1.45	1.31	27.0	34.8
ブレ実験 4	57.7	7.6	2.3	0.07	0.42	1.65	1.41	27.0	34.8
ブレ実験 5	51.0	6.9	2.4	0.05	0.40	1.55	1.40	27.0	34.8
ブレ実験 6	52.1	6.3	2.8	0.04	0.48	1.35	1.13	27.0	34.8
ブレ実験 7	53.6	7.0	2.4	0.07	0.76	2.15	1.64	20.0	34.8
ブレ実験 8	52.3	7.4	2.3	0.17	0.55	1.70	1.80	20.0	34.8

【表 2】

供試音	音圧レベル dB(A)	ラウドネス (sone)	シャープネス (acum)	トナリティ (tu)	インパルスシャープネス (iu)	ラフネス (asper)	レタティフ・ アッローチ	PPM	PPM Ave
3機種混合実験 1	56.8	10.4	2.4	0.15	0.43	1.72	1.96	65.0	37.3
3機種混合実験 2	57.4	10.4	1.9	0.11	0.46	1.83	1.97	65.0	37.3
3機種混合実験 3	55.9	10.4	3.0	0.05	0.47	1.82	1.99	65.0	37.3
3機種混合実験 4	58.1	8.8	1.9	0.15	0.41	1.39	1.60	27.0	37.3
3機種混合実験 5	54.6	8.7	3.0	0.09	0.39	1.51	1.61	27.0	37.3
3機種混合実験 6	54.3	8.7	2.5	0.05	0.40	1.68	1.66	27.0	37.3
3機種混合実験 7	51.9	7.0	2.9	0.16	0.57	1.69	1.68	20.0	37.3
3機種混合実験 8	51.6	7.0	2.3	0.10	0.64	1.83	1.74	20.0	37.3
3機種混合実験 9	52.8	7.0	1.9	0.06	0.71	1.83	1.75	20.0	37.3

【表 3】

供試音	音圧レベル dB(A)	ラウドネス (sone)	シャープネス (acum)	トナリティ (tu)	インパルス性 (iu)	ラフネス (asper)	レティフ・ アブロード	PPM	PPM Ave
低速機検証実験 1	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	1.40	1.53	20.0	19.1
低速機検証実験 2	51.8	6.8	2.4	0.11	0.43	1.60	1.64	20.0	19.1
低速機検証実験 3	51.1	6.1	2.5	0.05	0.75	1.89	1.84	16.0	19.1
低速機検証実験 4	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	1.90	1.76	20.0	19.1
低速機検証実験 5	54.0	7.5	2.3	0.21	0.48	1.65	1.88	20.0	19.1
低速機検証実験 6	51.0	6.7	2.3	0.20	0.59	1.69	1.70	16.0	19.1
低速機検証実験 7	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	1.40	1.53	20.0	19.1
低速機検証実験 8	53.6	7.0	2.4	0.07	0.76	2.15	1.64	20.0	19.1
低速機検証実験 9	49.7	6.7	2.3	0.11	0.60	1.60	1.63	20.0	19.1
高速機検証実験 1	51.3	7.6	2.1	0.03	0.50	1.60	1.84	65.0	60.4
高速機検証実験 2	53.3	9.0	2.2	0.03	0.52	0.74	1.86	65.0	60.4
高速機検証実験 3	54.4	8.9	2.3	0.09	0.58	1.82	1.91	45.0	60.4
高速機検証実験 4	54.7	9.0	2.3	0.07	0.57	1.80	1.91	55.0	60.4
高速機検証実験 5	55.3	10.4	2.4	0.04	0.53	0.98	2.00	65.0	60.4
高速機検証実験 6	51.3	7.9	2.1	0.03	0.55	0.52	1.84	65.0	60.4
高速機検証実験 7	55.6	9.7	2.5	0.08	0.48	1.82	1.79	45.0	60.4
高速機検証実験 8	56.5	10.4	2.2	0.05	0.44	1.82	1.80	60.0	60.4
高速機検証実験 9	57.3	11.3	2.1	0.05	0.55	1.18	2.13	65.0	60.4
高速機検証実験 10	57.3	11.3	2.1	0.05	0.55	1.18	2.13	65.0	60.4
高速機検証実験 11	56.4	11.3	2.8	0.03	0.57	1.08	2.05	65.0	60.4
高速機検証実験 12	60.2	12.5	2.2	0.05	0.62	1.49	2.18	65.0	60.4

【表 4】

供試音	音圧レベル dB(A)	ラウドネス (sone)	シャープネス (acum)	トナリティ (tu)	インパルス性 (iu)	ラフネス (asper)	レティフ・ アブロード	PPM	PPM Ave
全体平均値	54.3	8.5	2.3	0.08	0.51	1.64	1.74	38.8	38.8
低速機平均	53.6	7.7	2.2	0.14	0.54	1.82	1.74	20.0	20.0
中速機平均	52.6	6.9	2.5	0.05	0.43	1.39	1.28	27.0	27.0
高速機平均	57.7	10.8	2.3	0.05	0.51	1.92	2.08	65.0	65.0
ブレ実験平均	54.1	7.9	2.5	0.07	0.50	1.68	1.58	34.8	34.8
混合実験平均	54.8	8.7	2.4	0.10	0.50	1.70	1.77	37.3	37.3
低速機検証平均	51.5	6.8	2.3	0.11	0.55	1.70	1.68	19.1	19.1
高速機検証平均	55.3	9.9	2.3	0.05	0.54	1.34	1.95	60.4	60.4

【0121】

(4) 供試音による、一対比較法実験⇒各供試音対の不快確率算出

供試音を評価してもらう被験者を集め、供試音を一対比較してどちらが不快かを判定してもらった。実験は、速度層ごとの3機種について行なった $72 \times 3 = 216$ のデータと、予備実験や各速度層の音の混合実験を行った 184 データの合計 400 データについて実施した。

【0122】

2. ロジスティック回帰分析

一対比較実験が終了し、また心理音響パラメータ等の物理量の測定も終了し、それらのデータが得られたならば、ロジスティック回帰分析が行えるように表 1～表 4 のデータ（各供試音）を整理し、表 5 に示す形にまとめる。表 5 は低速層の供試音による実験から 3 つの供試音の一対比較実験を取り出した例である。実際には、これまで行なった 4 0 0 通りの一対比較実験について表を作成する。

【 0 1 2 3 】

【表 5】

提示順 I J	A1								A2								A3							
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
A1 A2	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	1.90	1.76	20	56.5	8.8	2.3	0.20	0.61	2.00	1.93	20	—	—	—	—	—	—	—	—
A2 A1	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	1.90	1.76	20	56.5	8.8	2.3	0.20	0.61	2.00	1.93	20	—	—	—	—	—	—	—	—
A1 A3	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	1.90	1.76	20	—	—	—	—	—	—	—	—	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	1.40	1.53	20
A3 A1	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	1.90	1.76	20	—	—	—	—	—	—	—	—	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	1.40	1.53	20
A2 A3	—	—	—	—	—	—	—	—	56.5	8.8	2.3	0.20	0.61	2.00	1.93	20	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	1.40	1.53	20
A3 A2	—	—	—	—	—	—	—	—	56.5	8.8	2.3	0.20	0.61	2.00	1.93	20	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	1.40	1.53	20

提示順 I J	I-J (IとJの差)								Iが不快 の度数	Jが不快 の度数	評価者 総数
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8			
A1 A2	-3.7	-1.3	0	-0.08	0	-0.10	-0.17	0	0	31	31
A2 A1	3.7	1.3	0	0.08	0	0.10	0.17	0	31	0	31
A1 A3	3.2	1.0	0.05	0.04	0.24	0.50	0.22	0	27	4	31
A3 A1	-3.2	-1.0	-0.05	-0.04	-0.24	-0.50	-0.22	0	1	30	31
A2 A3	-6.9	2.2	0.05	0.12	0.23	0.60	0.39	0	30	1	31
A3 A2	6.9	-2.2	-0.05	0.12	-0.23	-0.60	-0.39	0	0	31	31

【0124】

表5の1列は、どちらの供試音を先に聞かせたを示すものであり、先に聞かせた供試音を記号Iで、後で聞かせた供試音を記号Jで表している。つぎのA1からA3までのブロックの列は、各供試音の心理音響特性値である。簡単のために

、 $x_1 \sim x_8$ で表示している。 x_1 が音圧レベル、 x_2 がラウドネス、 x_3 がシャープネス、 x_4 がトナリティ、 x_5 がインパルスィブネス、 x_6 がラフネス、 x_7 がレラティブ・アプローチ、 x_8 がPPMであり、A4横送りで1分間に画像形成する枚数である。なお、PPM平均値は省略してある。

【0125】

また、表5の『 - 』の意味を説明する。たとえば、A1とA2を一对比較する場合には、評価者はA3を評価していないので、その部分の影響はないためにこれを『 - 』で表している。つぎのブロックは、一对比較した供試音の心理音響パラメータの差である。正確には、評価者は、先に提示された供試音を元にして、後で提示された供試音との比較をして、どちらがより不快音であるかを決めているので、J-Iとするのが自然であるが、最終的には心理音響特性の差の正負に意味はもたないので、表1ではI-Jとしている。つぎの3列は、それぞれ、IがJに較べて不快である評価した人の度数、JがIに較べて不快であると評価した度数、評価した人の総数である。表5より、たとえば、A1（先提示）とA3（後提示）の音を比較したとき、物理量の差は以下の通りである。

【0126】

音圧レベル差	: 3.2 (dB)
ラウドネス差	: 1.01 (sone)
シャープネス差	: 0.05 (acum)
トナリティ差	: 0.04 (tu)
インパルスィブネス差	: 0.24 (iu)
ラフネス差	: 0.5 (asper)
レラティブ・アプローチ差	: 0.22
PPM差	: 0

【0127】

このときの不快確率は、A1を不快と回答した人数27人、A3を不快と回答した人数4人を、評価者総数31人で割った確率である。このようにして、2つの音を比較した時の物理量の差と、2つの音の不快確率の関係を400通り集めたのが表5である。

【0128】

つぎに、音質評価モデルの考え方を示す。人間は1つ供試音の提示を受けて、いきなり評点をつけることは困難であるが、2つの供試音を比較してどちらが良いかを判断することは、比較的簡単である。いま、供試音の不快さはラウドネスだけに起因するという簡単な例で説明する。供試音の不快さを、それぞれ P_1 , P_2 , L , P_a とする。また、一対比較した確率 P_{ij} と、 P_i, P_j には、 $P_{ij} = P_i / (P_i + P_j) \cdots (6)$ の関係を仮定する。また、式(6)の関係を使うと式(7)で表現することができる。ここで、式(7)の両辺に対数を取ると、左辺はロジット変換に他ならない。

【0129】

【数11】

$$\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}} = \frac{p_{ij}}{p_{ji}} = \frac{p_i / (p_i + p_j)}{p_j / (p_i + p_j)} = \frac{p_i}{p_j} \cdots (7)$$

【0130】

【数12】

$$\ln \left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}} \right) = \ln p_i - \ln p_j = \alpha_i - \alpha_j = \delta_{ij} \cdots (8)$$

【0131】

さらに、効果 α_i が、ラウドネスに影響されると仮定すれば、下記式(9)である。なお、 μ は絶対的な平均位置であり、これが不明なので相対的に一対比較を行なって μ をキャンセルするのが一対比較法である。

【0132】

【数13】

$$\alpha_i = \mu + b x_{\text{ラウドネス } i} \cdots (9)$$

【0133】

したがって、式(8)はラウドネスの対数線形効果を b として、ラウドネスを使って表現すると、下記式(10)となる。

【0134】

【数 14】

$$\ln\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) = (\mu + bx_{\text{ラウドネス}_i}) - (\mu + bx_{\text{ラウドネス}_j}) = b(x_{\text{ラウドネス}_i} - x_{\text{ラウドネス}_j}) \quad \dots (10)$$

【0135】

以上から、効果 α_i に影響を与える心理音響特性が複数ある場合には、ラウドネスだけでなく複数のパラメータを加算した式 (2) のモデルでよいことがわかる。

【0136】

ここで音質評価式の導出を行なった。前述したモデルにより表 5 のようなデータを解析する。供試音の心理音響パラメータ値は、表 1～表 4 に示したもので、低速層、中速層、高速層、予備実験、混合実験、検証実験を含めた全領域である。ここで、一対比較実験において全員が一方の音を不快と判定した比較（たとえば表 5 の A1 と A2 の比較）については、人間の感覚をスケールオーバーして測定不能であったとして、解析から除外した。除外した比較は 400 の比較のうち、31 比較であった。よって、369 の比較データを用いて解析を行なった。解析では順序効果や心理音響パラメータ間の交互作用なども検討した。

【0137】

また、上記解析は、SAS 社製統計解析ソフト JMP を用いて行なった。その結果、不快さを予測する音響的な物理量として、音圧レベル、ラウドネス、シャープネス、トーンリティ、インパルスィブネスが最適であった。ラフネスとレラティブ・アプローチは、有意な物理量として選ばれなかった。順序効果も有意であったが、音響的な物理量の効果に比べて影響が小さいのでモデルから外した。また、表 1～表 4 に示す PPM（A4 横紙で 1 分間に画像形成する枚数）と実験ごとの PPM 平均値を項に加えると、寄与率が向上したのでこれらもモデル式に加えた。実験ごとの PPM 平均値は、実験間の位置合わせに必要なパラメータであるが、同一実験内では相殺されて不要な項である。また、PPM 項も同一実験内では相殺されて不要な項である。ただし、速度域が異なる複数の実験を組み合わせる解析する場合には、必要になってくる。

【0138】

解析結果をまとめると表 6、表 7 のようになった。下限、上限 95% は、各項の回帰係数の推定値の信頼区間をとったものである。

【0139】

【表 6】

モデル	(-1) * 対数尤度	自由度	カイ 2 乗	p 値(Prob > ChiSq)
差	1897.2088	6	3794.418	0.0000
完全	6926.8451			
縮小	8824.0539			

【表 7】

項	推定値	標準誤差	カイ2乗	p値(Prob>ChiSq)	下側95%	上側95%
音圧レベル	0.12808364	0.0115342	123.31	<.0001	0.10547717	0.15069022
ラウドネス	0.47043907	0.0324293	210.44	<.0001	0.40687921	0.53399976
シャープネス	1.07885872	0.0446293	584.37	<.0001	0.99138725	1.166331
トータルティ	9.27879937	0.4557852	414.44	<.0001	8.38547981	10.1721249
インパルスiveness	2.89529674	0.164067	311.42	<.0001	2.57373312	3.21686388
PPM	-0.0114246	0.0019853	33.11	<.0001	-0.0153158	-0.0075334
PPM平均値	-0.0040762	0.0004857	70.42	<.0001	-0.0050282	-0.0031242

【0140】

表7の推定値を用いて不快確率を予測するモデル式(11)を以下に示す。

【0141】

【数 15】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$z = 0.12808364 \times (\text{音圧レベル } i - \text{音圧レベル } j) + 0.47043907 \times (\text{ラウドネス } i - \text{ラウドネス } j) \\ + 1.07885872 \times (\text{シャープネス } i - \text{シャープネス } j) + 9.27879937 \times (\text{トーンリティ } i - \text{トーンリティ } j) \\ + 2.89529674 \times (\text{インパルス性 } i - \text{インパルス性 } j) - 0.0114246 \times (\text{PPM } i - \text{PPM } j) - 0.0040762 \times (\text{PPM 平均値 } i - \text{PPM 平均値 } j) \cdots \cdots (11)$$

【0142】

このときのモデルの評価は表6のとおりであり、p値が0のため高度に有意なモデルである。また、不快さを予測する物理量のp値は、表7より、全て0.0001以下であり、各物理量とも、不快さに対して高度に有意である。

【0143】

図7は、Iが不快となる実確率と式(11)による予測確率との散布図である。実測確率、予測確率とも0～1の範囲なので図5の式の線形モデルの散布図のような不合理部分がなくなった。図7の散布図の寄与率は、0.78であるので、図5の散布図の寄与率0.72よりも改善された。なお、図7の楕円は95%の確率楕円である。6つのポイントが95%の確率楕円からわずかに外れているが、問題ないレベルとみなせる。

【0144】

式(11)は一対比較の優劣の確率を予測するモデルである。ここで、単独の音の不快さを予測するために式の変換を行なう。表1～表4の音圧レベル、ラウドネス、シャープネス、トーンリティ、インパルス性、PPM、PPM平均値の全体平均値を式(11)に入力し、そのときの不快確率を $P = 0.5$ とし、切片を求めた。これは、母集団の中の平均値の音を取り出したとき、平均値の音と、母集団の中のその他の音全てとを一対比較したとき、平均値の音を不快に感じる確率は0.5と予測して定義したものである。このようにして式の切片を求める。

【0145】

したがって、式(11)に全体平均値を入力すると、
 $0.5 = 1 / \{1 + \exp(-[0.12808364 \times (\text{音圧レベル } i - 54$

$$.3) + 0.47043907 \times (\text{ラウドネス値 } i - 8.5) + 1.07885872 \times (\text{シャープネス値 } i - 2.3) + 9.27879937 \times (\text{トーンリティ値 } i - 0.08) + 2.89529674 \times (\text{インパルスブネス値 } i - 0.51) - 0.0114246 \times (\text{PPMi} - 38.8) - 0.0040762 \times (\text{PPM平均値 } i - 38.8)] \}$$

【0146】

ここで、[] の中身は z であるから、

$$0.5 = 1 / (1 + \exp(-z))$$

$$0.5 \times \{1 + \exp(-z)\} = 1$$

$$0.5 \times \exp(-z) = 0.5$$

$$\exp(-z) = 1$$

両辺に \ln をとり、

$$\ln \{ \exp(-z) \} = \ln 1 = 0$$

$$-z = 0$$

$$z = 0$$

となる。

【0147】

すなわち、

$$\begin{aligned}
 z = 0 = & [0.12808364 \times (\text{音圧レベル } i - 54.3) + 0.47043907 \times (\text{ラウドネス値 } i - 8.5) + 1.07885872 \times (\text{シャープネス値 } i - 2.3) + 9.27879937 \times (\text{トーンリティ値 } i - 0.08) + 2.89529674 \times (\text{インパルスブネス値 } i - 0.51) - 0.0114246 \times (\text{PPMi} - 38.8) \\
 & - 0.0040762 \times (\text{PPM平均値 } i - 38.8)]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 = & 0.12808364 \times \text{音圧レベル } i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値 } i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値 } i + 9.27879937 \times \text{トーンリティ値 } i + 2.89529674 \times \text{インパルスブネス値 } i - 0.0114246 \times \text{PPMi} - 0.0040762 \times \text{PPM平均値 } i - 15.0983282
 \end{aligned}$$

となり、単独の供試音に対して不快に感じる確率を予測するモデル式(12)に変換することができる。

【0148】

【数16】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$\begin{aligned} Z = & 0.12808364 \times \text{音圧レベル} i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値} i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値} i + \\ & 9.27879937 \times \text{トナリティ値} i \\ & + 2.89529674 \times \text{インパルス値} i - 0.0114246 \times \text{PPMi} - 0.0040762 \times \text{PPM 平均値} i - \\ & 15.09832827 \dots\dots (12) \end{aligned}$$

【0149】

ここで、実験ごとのPPMの平均値項は、式を導出するときには重要なパラメータであったが、実際に音を評価しようとした場合に何を入力すればよいか悩むことになる。そこで、PPMの平均値には対象の音のPPM値を入れてやる。元々、同一実験内ではPPM値とPPM平均値は同値であるためである。よって、式(12)のPPM項とPPM平均値項をまとめると、下記式(13)のようになる。

【0150】

【数17】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$\begin{aligned} Z = & 0.12808364 \times \text{音圧レベル} i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値} i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値} i + \\ & 9.27879937 \times \text{トナリティ値} i \\ & + 2.89529674 \times \text{インパルス値} i - 0.0155008 \times \text{PPMi} - 15.09832827 \dots\dots (13) \end{aligned}$$

【0151】

今回は、データの平均値を基準値に使ったが、環境変化により基準値を変更することが可能である。式(11)は、平均値からのずれによる優劣の確率の変化を推定することができる。丁度、平均値を入力した場合の確率は0.5として計算している。この確率が大きくなるにつれて不快さが増すことになる。これより、不快確率 P_i が、ある確率以下になる条件を求めることができる。

【0152】

ここで、式(13)に基づいて、供試音単独の不快確率モデルの散布図を作成

する。ここでは、速度層、あるいは実験ごとに分けて予測値と実測値との比較を行なう。表 8 ～表 1 2 は、実験ごとの不快に対する実確率と予測確率をまとめたものである。実測値は一対比較法実験での比較対象を区別しないで、各供試音の不快感数の和を全体の評価数で割った値を用いる。

【 0 1 5 3 】

【表 8】

	音圧レベル	ラウドネス	シャープネス	トナリティ	インパルス・レス	PPM	ロジック	予測確率	実確率	反応	総頻度
低速機1	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	20.0	-0.10419	0.47398	0.44556	221	496
低速機2	56.5	8.8	2.3	0.20	0.61	20.0	1.70756	0.84652	0.89113	442	496
低速機3	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	20.0	-2.07193	0.11185	0.05242	26	496
低速機4	55.9	8.8	2.2	0.14	0.66	20.0	1.13493	0.75675	0.81653	405	496
低速機5	54.2	8.6	1.4	0.22	0.29	20.0	-0.35681	0.41173	0.66532	330	496
低速機6	54.2	8.2	2.2	0.10	0.68	20.0	0.30503	0.57567	0.49798	247	496
低速機7	51.8	6.8	2.4	0.11	0.43	20.0	-1.02488	0.26408	0.29839	148	496
低速機8	54.0	7.5	2.3	0.21	0.48	20.0	0.55239	0.63469	0.53427	265	496
低速機9	53.6	7.0	2.4	0.07	0.76	20.0	-0.14210	0.46454	0.29839	148	496
低速機平均値	53.6	7.7	2.2	0.14	0.54	20.0				2232	4464

【表 9】

	音圧レベル	ラウドネス	シャープネス	トナリティ	インパルスレス	PPM	ロジック	予測確率	実確率	反応	総頻度
中速機1	51.0	6.9	2.4	0.05	0.40	27.0	-0.37222	0.40800	0.28676	156	544
中速機2	56.3	9.0	2.9	0.06	0.40	27.0	1.88498	0.86818	0.85294	464	544
中速機3	47.1	4.8	2.1	0.04	0.48	27.0	-2.14619	0.10469	0.08640	47	544
中速機4	54.6	7.9	3.1	0.04	0.45	27.0	1.32438	0.78991	0.77206	420	544
中速機5	55.7	6.9	1.8	0.05	0.43	27.0	-0.34433	0.41476	0.47059	256	544
中速機6	57.7	7.6	2.3	0.07	0.42	27.0	0.84630	0.69979	0.66728	363	544
中速機7	49.2	5.7	1.8	0.08	0.42	27.0	-1.54868	0.17528	0.16544	90	544
中速機8	52.1	6.3	2.8	0.04	0.48	27.0	-0.00248	0.49938	0.64706	352	544
中速機9	50.1	6.8	3.2	0.05	0.42	27.0	0.35824	0.58862	0.55147	300	544
中速機平均値	52.6	6.9	2.5	0.05	0.43	27.0				2448	4896

【表10】

	音圧レベル	ラウドネス	シャープネス	トナリティ	インパルスネス	PPM	ロジック	予測確率	実確率	反応	総頻度
高速機1	51.3	7.6	2.1	0.03	0.50	65.0	-2.80781	0.05690	0.02031	13	640
高速機2	59.1	11.9	2.4	0.08	0.49	65.0	0.90812	0.71262	0.72813	466	640
高速機3	57.2	10.7	2.1	0.05	0.51	65.0	-0.43044	0.39402	0.38281	245	640
高速機4	59.2	12.0	2.7	0.06	0.47	65.0	1.01018	0.73306	0.70313	450	640
高速機5	55.3	10.0	2.4	0.04	0.48	65.0	-0.84901	0.29964	0.21406	137	640
高速機6	58.9	11.0	1.9	0.08	0.50	65.0	-0.06751	0.48313	0.33125	212	640
高速機7	60.3	12.3	2.3	0.06	0.52	65.0	1.04000	0.73885	0.75156	481	640
高速機8	60.3	11.5	2.1	0.05	0.54	65.0	0.35365	0.58750	0.60625	388	640
高速機9	58.2	10.8	3.1	0.03	0.57	65.0	0.84281	0.69906	0.76250	488	640
高速機平均値	57.7	10.8	2.3	0.05	0.51	65.0				2880	5760

【表 11】

	音圧レベル	ラクト・ネ	シャープ・ネ	ト・ナリテイ	インパルス・ネ	PPM	ロジック	予測確率	実確率	反応	総頻度
プレ実験1	53.3	8.7	2.2	0.03	0.47	65.0	-0.77313	0.31580	0.45798	218	476
プレ実験2	56.4	10.4	2.8	0.03	0.52	65.0	1.11774	0.75357	0.78571	374	476
プレ実験3	51.0	6.9	2.4	0.05	0.40	27.0	-1.28741	0.21629	0.06513	31	476
プレ実験4	56.3	9.0	2.9	0.06	0.40	27.0	0.96979	0.72508	0.66597	317	476
プレ実験5	57.7	7.6	2.3	0.07	0.42	27.0	-0.06889	0.48278	0.42647	203	476
プレ実験6	52.1	6.3	2.8	0.04	0.48	27.0	-0.91767	0.28543	0.43697	208	476
プレ実験7	53.6	7.0	2.4	0.07	0.76	20.0	0.33491	0.58295	0.57773	275	476
プレ実験8	52.3	7.4	2.3	0.17	0.55	20.0	0.62466	0.65128	0.58403	278	476
プレ実験平均値	54.1	7.9	2.5	0.07	0.50	34.8				1904	3808

【表 12】

	音圧レベル	アウト・ネ	シャープ・ネ	ト・ナリイ	イン・ル・ツア・ネ	PPM	ロ・ジ・ット	予測確率	実確率	反応	総頻度
混合実験1	56.8	10.4	2.4	0.15	0.43	65.0	0.89860	0.71066	0.65993	359	544
混合実験2	57.4	10.4	1.9	0.11	0.46	65.0	0.13108	0.53272	0.48162	262	544
混合実験3	55.9	10.4	3.0	0.05	0.47	65.0	0.64013	0.65478	0.59375	323	544
混合実験4	58.1	8.8	1.9	0.15	0.41	27.0	0.20033	0.54992	0.49816	271	544
混合実験5	54.6	8.7	3.0	0.09	0.39	27.0	0.38102	0.59412	0.62132	338	544
混合実験6	54.3	8.7	2.5	0.05	0.40	27.0	-0.67315	0.33779	0.28860	157	544
混合実験7	51.9	7.0	2.9	0.16	0.57	20.0	0.31414	0.57790	0.61029	332	544
混合実験8	51.6	7.0	2.3	0.10	0.64	20.0	-0.70776	0.33009	0.45588	248	544
混合実験9	52.8	7.0	1.9	0.06	0.71	20.0	-1.18439	0.23426	0.29044	158	544
混合実験平均値	54.8	8.7	2.4	0.10	0.50	37.3				2448	4896

【0154】

たとえば、低速機での実験では、31人で実験を行ない、また、各供試音につ

いては、9音のうちの他の8音と比較を行なうので、8回（比較対象）×2（順序）×31=496人（総頻度）が分母になる。

【0155】

供試音1を例にすると、供試音2、3・・・、9と一対比較して、供試音1を不快と判断した人の度数は、0、57、7、19、・・・（本文中に記せず）であるので、その和221（反応数）が分子になる。実測による供試音1の不快確率は表5で実確率と表わされ、内容は『反応／総頻度』である。また、9つの供試音の確率Pの平均値は0.5になるから、低速機実験での物理量の平均値を使って式（12）式より、ロジットzと予測確率を算出した。こうして表8を得る。他の実験でも同様の作業を行ない、表9～表12を得た。検証実験についてはここでは省略する。

【0156】

表8～表12の予測確率と実測確率との散布図を作ると、図24が得られる。図24（a）のグラフは実験ごとに分けて散布図を描いたものである。低速機実験、混合予備実験、混合実験の寄与率は0.8に近く、中速機での実験、高速機での実験の寄与率は0.9以上あり、かなり精度がよいことが分かる。

【0157】

また、図24（b）で、各実験を統合したモデルの寄与率は、0.86となる。これは不快さが、音圧レベル、ラウドネス、シャープネス、トーンリティ、インパルスィブネスによって86%寄与していることを示す。また、式の傾きもほぼ1であり、予測確率＝実測確率として扱うことができる。これより、母集団の物理特性の平均値を基準値50%としたときの、不快確率%を推定することができるようになった。

【0158】

また、式の形から、不快感を低減させるためには

- ①音圧レベルを下げる
- ②聞こえの大きさを小さくする。
- ③高周波成分を少なくする
- ④純音成分を少なくする

⑤衝撃音を少なくする

の5つを実施すればよいことになる。

【0 1 5 9】

なお、各パラメータの回帰係数の推定値は、表7に示すように、標準誤差 σ をとる。回帰係数の推定値 $\pm 2\sigma$ が95%の信頼区間である。よって、式(13)から、回帰係数の95%の信頼区間を含んだ形の式にすると、それぞれの回帰係数と式は以下ようになる。切片の範囲はそれぞれの回帰係数の95%信頼区間を代入して算出した結果である。これを用いたのが式(14)である。

【0 1 6 0】

【数18】

$$\begin{aligned} 0.10547717 &\leq \text{音圧レベルの回帰係数} \leq 0.15069022 \\ 0.40687921 &\leq \text{ラウドネスの回帰係数} \leq 0.53399976 \\ 0.99138725 &\leq \text{シャープネスの偏回帰係数} \leq 1.166331 \\ 8.38547981 &\leq \text{トーンリティの偏回帰係数} \leq 10.1721249 \\ 2.57373312 &\leq \text{インパルスブネスの偏回帰係数} \leq 3.21686388 \\ -0.020344 &\leq \text{PPMの偏回帰係数} \leq -0.0106576 \\ -17.49359273 &\leq \text{切片} \leq -12.70308101 \end{aligned}$$

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$$

$$Z = A \times \text{音圧レベル値 } i + B \times \text{ラウドネス値 } i + C \times \text{シャープネス値 } i + D \times \text{トーンリティ値 } i \\ + E \times \text{インパルスブネス値 } i + F \times \text{PPM値 } i + G$$

$$\begin{aligned} 0.10547717 &\leq A \leq 0.15069022 \\ 0.40687921 &\leq B \leq 0.53399976 \\ 0.99138725 &\leq C \leq 1.166331 \\ 8.38547981 &\leq D \leq 10.1721249 \\ 2.57373312 &\leq E \leq 3.21686388 \\ -0.020344 &\leq F \leq -0.0106576 \\ -17.49359273 &\leq G \leq -12.70308101 \end{aligned}$$

..... (14)

【0 1 6 1】

また、回帰係数の推定値を表7の推定値に固定した場合、ロジット z に $\pm 2\sigma$ を加えたものが、信頼区間95%の範囲を示すことができる。 σ は不快さにおける誤差の標準偏差である。ロジット z の標準誤差は、差モデルの状態で求める。ロジット z は先に示した下記式(3)なので、不快さの実確率 P (2音を比較したときの不快確率)を用いて z を算出する。

【0162】

【数8】

$$z = \ln(p) - \ln(1-p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad \dots (3)$$

【0163】

また、不快さの予測の z は、統計解析ソフト JMP の出力を用いた。この実測のロジット z と、予測のロジット z の差（誤差）の標準偏差を JMP で求めると、誤差の標準偏差 $\sigma = 0.871894$ となる。よって、この誤差を含んだ形の式は以下の式（15）のようになる。

【0164】

【数19】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z \pm 2\sigma)}$$

$$\begin{aligned} Z = & 0.12808364 \times \text{音圧レベル } i + 0.47043907 \times \text{ラウドネス値 } i + 1.07885872 \times \text{シャープネス値 } i + \\ & 9.27879937 \times \text{トナリティ値 } i \\ & + 2.89529674 \times \text{インパルス値 } i - 0.0155008 \times \text{PPMi} - 15.09832827 \\ & \sigma = 0.871894 \end{aligned}$$

..... (15)

【0165】

また、予測確率 P と実確率 P の差（誤差）の標準偏差 σ を用いて下記式（16）も考えられる。この場合、不快確率 P の範囲が 0 ～ 1 の外に出てしまう場合があるので不適当である。

【0166】

【数20】

$$\text{不快確率 } P = \frac{1}{1 + \exp(-z)} \pm 2\sigma \quad \dots (16)$$

【0167】

ここで、一対比較実験で、一方の音を全員が不快と判定した組み合わせとそのときの物理量の差を、表1～表4のデータから算出した。前述したように、この組み合わせは31通りあったが、1-2, 2-1というように同じ音の組み合わせは全て1-2という形で表わした。また、このときの比較組み合わせにおいて、表8～

表 12 の不快の実確率を用いて、不快確率の差の絶対値を算出した。

【0168】

これらを表 13 にまとめた。これによると、供試音の不快確率の差が最小で 0.13 (13%) のときに全員が一方の音を不快と判定している。ただし、表 13 に載っていない組み合わせで、不快確率の差が 18% 程度のときでも 34 人中 27 人が一方を不快と判定した場合もある。しかし、このくらいの人数差が付けば、明らかに一方の音の方を不快であると判定しているといえる。つまり、現状よりも不快確率を 0.2 程度下げれば、不快感が低減したことがはっきり分り、ユーザーは満足すると考えられる。すなわち、不快確率が 0.2 以上低減するように物理量を低減する改良を行なえば、オフィスにおける画像形成装置の不快感が緩和され、稼働音を気にせずに快適に業務を行なうことができる。

【0169】

【表 13】

比較	音圧レベル差	ラウドネス差	シャープネス差	トナリティ差	インパルス性差	不快確率差 (絶対値)
低速機1-2	-3.7	-1.3	0.0	-0.08	0.00	0.45
低速機2-3	6.9	2.2	0.1	0.12	0.23	0.84
低速機3-4	-6.3	-2.3	0.1	-0.06	-0.29	0.76
低速機3-5	-4.6	-2.0	0.8	-0.14	0.08	0.61
低速機5-6	0.0	0.4	-0.8	0.12	-0.38	0.17
低速機5-8	0.2	1.1	-0.9	0.01	-0.19	0.13
低速機5-9	0.6	1.6	-1.0	0.15	-0.47	0.37
中速機1-2	-5.4	-2.2	-0.5	-0.01	0.01	0.57
中速機1-4	-3.7	-1.0	-0.7	0.01	-0.05	0.49
中速機3-6	-10.7	-2.8	-0.2	-0.03	0.06	0.58
高速機1-2	-7.8	-4.3	-0.3	-0.05	0.01	0.71
高速機1-3	-5.9	-3.1	0.0	-0.02	0.00	0.39
高速機1-4	-7.9	-4.4	-0.6	-0.03	0.03	0.21
高速機1-7	-9.0	-4.7	-0.2	-0.03	-0.02	0.73
高速機1-8	-9.0	-3.9	0.0	-0.02	-0.03	0.59
高速機1-9	-6.9	-3.2	-1.0	0.00	-0.07	0.74
高速機2-3	1.9	1.2	0.3	0.03	-0.01	0.35
高速機2-5	3.9	2.0	-0.1	0.04	0.01	0.51
高速機4-5	3.9	2.0	0.3	0.02	-0.01	0.49
高速機5-7	-5.1	-2.3	0.1	-0.02	-0.04	0.54
高速機5-9	-3.0	-0.9	-0.7	0.01	-0.09	0.55

【0170】

ところで、今回導出した音質評価式(13)などは低速～高速機まで広範囲の速度の音を用いて導出している。比較的高速で音圧レベルやラウドネス値が大きい機械は、音圧レベルやラウドネス値が小さい低速機よりも明らかに不快であり

、算出される不快確率も高速機ほど高くなる。よって、たとえば式(13)の中で不快さの許容値を求めると、高速機は全てNGになってしまう。低速機でも音圧レベルが高い機械もあるので、画像形成速度と音圧レベル、ラウドネスは必ずしも比例しない場合があるが、本発明では画像形成の出力速度と、その画像形成速度における不快確率 P の関係を求め、画像形成装置の不快確率 P を一定値以下にすることにより、不快に感じる確率が低い画像形成装置を提供することを考えた。つまり、表8, 9, 10に示すような、速度層ごとにおいて不快さの許容値を求め、速度と不快さの許容値の関係を求める。

【0171】

ここで、低速機、中速機、高速機の各速度層実験ごとに原音の物理量を使用して、原音の不快確率を0.5と定義した音質評価式を3つ作成する。すなわち、切片を3つ求めればよい。原音の物理量は、表1より、低速機(20PPM)は1、中速機(27PPM)は1、高速機(65PPM)は5である。

【0172】

式(11)において、各速度層ごとに原音の値を入力した時の不快確率 P を0.5とにおいてそれぞれの切片を算出する。つぎに、全体平均の切片と上記3つの式の切片との差を求める。これらをまとめたのが表14である。表13の結果から、不快さを許容できる確率 P を0.3(現状より不快に感じる確率が20%減)とする。つまり、式(13)における $P=0.3$ のときのロジット z から、表14のそれぞれの切片の差を引いて補正し、補正したロジット z からそれぞれの許容確率 P を計算する。新たに算出した許容確率は、各原音の不快さを20%減少したとき、式(13)上で P がいくつになるか算出したものである。この結果をまとめたのが表15である。上記の計算結果を表14、表15にまとめた。

【0173】

【表 14】

項	係数推定値	全体 ハ°ラメータ平均値	高速層 ハ°ラメータ原音値	中速層 ハ°ラメータ原音値	低速層 ハ°ラメータ原音値
音圧レベル	0.12808364	54.3	55.3	51.0	52.8
ラウドネス	0.47043907	8.5	10.0	6.9	7.5
シャープネス	1.07885872	2.3	2.4	2.4	2.3
トーンリテイ	9.27879937	0.08	0.04	0.05	0.12
インパルス	2.89529674	0.51	0.48	0.40	0.61
PPM	-0.0155008	38.75	65.00	27.00	20.00
切片	—	-15.098	-15.105	-13.584	-15.583
切片の全体平均との差	—	—	-0.007	1.514	-0.485

【表 1 5】

	画像形成速度PPM	許容確率P	ロジットz
全体		0.30	-0.847
高速	65	0.30	-0.840
中速	27	0.09	-2.361
低速	20	0.41	-0.363

【0 1 7 4】

図 8 は、画像形成速度と許容確率 P の関係から、近似曲線を求めたものである。この近似式は、式 (1 7) で与えられる。すなわち、確率 P が式 (1 8) 以下であれば、不快に感じる確率が小さい音になる。

【0 1 7 5】

【数 2 1】

$$y = 0.1728e^{0.0065x} \quad \dots (17)$$

【0 1 7 6】

【数 2 2】

$$P \leq 0.1728e^{0.0065PPM} \dots (18)$$

【0 1 7 7】

(画像形成装置の不快感の低減例)

ところで、不快な音源は、前述した音質評価式より、音圧レベル、ラウドネス、シャープネス、トーンリティ、インパルスブネスと相関の高いものである。ここで、各心理音響パラメータと相関が高い画像形成装置の音源は以下の通りである。

シャープネス：記録紙の摺動音

トーンリティ：AC帯電音

インパルスブネス：金属衝撃音

音圧レベル・ラウドネス：音響エネルギー、いろいろな音源の聞こえの大きさである。

【0 1 7 8】

したがって、それぞれの音源について以下に説明する[帯電音の低減]、[紙摺動音の低減]、[金属衝撃音の低減]のように対策を行なった。

【0 1 7 9】

[帯電音の低減]

図9は、画像形成装置の騒音の周波数分析結果を示すグラフである。なお、このグラフは周波数の分布を調べるのが主目的であるので、各周波数の音圧レベルの相対的な比較は意味があるが、音圧レベルの絶対値は正確な校正を行っていないため意味がない。1kHz、2kHz、3kHzの急峻なピークは帯電音と呼ばれるものである。図9から明らかなように、帯電音は周囲の他の周波数に比べて10(dB)以上音圧レベルが高い。全体から見ればエネルギー的には微量であるが、このようにレベルの高い純音成分は他の音にマスキングされることなく不快な音としてはっきり聞こえる。このような音はトーンリティ値が高い。本発明者は、このような帯電音を減衰させる方法として、以下に述べるような構成例によって実現した。

【0 1 8 0】

(帯電音の低減例 1)

この帯電音の低減例 1 では、図 1 に示した画像形成装置において、像担持体である感光体ドラム 1 内に剛性の高い円筒部材を圧入することにより、感光体ドラム 1 内の固有振動数を、帯電ローラ 2 1 の交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数とは異なる値にして帯電音を低減する。

【0181】

帯電ローラ 2 1 と感光体ドラム 1 との間で発生する振動の周波数が、感光体ドラム 1 自身の固有振動数 f_d に自然数を乗じた周波数と一致、または近傍にある場合、感光体ドラム 1 は共振を起こし、帯電音の音圧レベルが急激に増加する。その結果、不快確率 P が急激に上昇する。そこで、感光体ドラム 1 の固有振動数 f_d を、あらかじめ帯電時の交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数とは異なる周波数に設定することにより、感光体ドラム 1 の共振を防止して帯電音を低減する。たとえば、図 9 に示した例では、1000 Hz に自然数を乗じた周波数と、感光体ドラム 1 の固有振動数 f_d が一致しないようにすればよい。

【0182】

図 10 は、感光体ドラム 1 の固有振動数を変更させる構成例を示す断面図である。図において、感光体ドラム 1 内に、剛性の高い円筒部材 4 1 が圧入されている。円筒部材 4 1 を圧入することにより、感光体ドラム 1 の重量と剛性が高められるため、感光体ドラム 1 の固有振動数が変化する。これにより、交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数と感光体ドラム 1 の固有振動数とが一致、または近傍にある場合に、感光体ドラム 1 の固有振動数を変化させることができるため、共振による不快な帯電音の発生を防止することができる。

【0183】

(帯電音の低減例 2)

この帯電音の低減例 2 では、図 1 に示した画像形成装置において、像担持体である感光体ドラム 1 の内部に吸音材を設けることにより、ドラム内部で反響する音を吸音して帯電音を低減する。

【0184】

図 11 は、感光体ドラム 1 のドラム内部で反響する音を吸音する構成例を示す

断面図である。同図 (A) は吸音部材 42 を圧入した感光体ドラム 1 の構成例を示す断面図、同図 (B) は、吸音部材 42 と感光体ドラム 1 との関係を示す側断面図である。

【0185】

図 11 (B) に示すように、感光体ドラム 1 の内径 $2r$ よりも一回り大きい直径 $2R$ の円柱状の吸音部材 42 を用意する。吸音部材 42 は、発泡ポリウレタン製のものが扱いやすく、たとえば、横浜ゴム (株) 製の吸音材ハマダンパー HU-4 などを使用する。これを弾性変形させて感光体ドラム 1 の内部に挿入する。図 11 (A) は、吸音部材 42 は感光体ドラム 1 に圧入した状態を示している。挿入された吸音部材 42 は、変形前の形に戻ろうとして膨らむため、感光体ドラム 1 から吸音部材 42 を容易に取り出すことが可能である。これにより、感光体ドラム 1 から発生する帯電音を吸音することができる。

【0186】

(帯電音の低減例 3)

この帯電音の低減例 3 では、図 1 に示した画像形成装置において、像担持体である感光体ドラム 1 の内部に制振部材 43 を貼り付けることにより、ドラムの振動エネルギーを減衰させることで帯電音を低減する。

【0187】

図 12 は、感光体ドラム 1 の振動エネルギーを減衰させる構成例を示す断面図である。ここでは、感光体ドラム 1 の内側に制振部材 43 を貼り付ける。制振部材 43 は、感光体ドラム 1 が振動するエネルギーを吸収して熱エネルギーに変換し、振動速度あるいは振動振幅を減衰させて音響放射を少なくする効果がある。制振部材 43 の材質としては、たとえば、日東電工 (株) 製の軽量制振材レジェトレックスというものがある。これは、基板である薄肉アルミニウム板に粘性の高い接着剤を付けたもので、接着剤によって振動エネルギーを吸収するものである。これによって、帯電時の交流バイアスの周波数 f によって発生する帯電ローラ 21 と感光体ドラム 1 との間での振動エネルギーを吸収し、帯電音の発生を抑制する。

【0188】

[紙摺動音の低減]

まず、紙摺動音の音源である搬送路の構成および発生原因について述べる。図 1 3 は、図 4 に示した画像形成装置における本体縦搬送ユニット 1 8 0 のコロおよびガイド板の詳細構成を示す説明図である。すなわち、給紙トレイからの搬送と両面複写のための中間トレイからの搬送を、レジストローラ方向に案内する搬送部分の断面図である。また、図 1 4 は、騒音未対策時における記録紙と可撓性シート 5 9 との関係を示す説明図である。

【0 1 8 9】

図 1 3 において、符号 5 0、5 1 は複数のコロを団子状に軸に設けたローラである。ローラ 5 0 とローラ 5 1 を対にして記録紙を搬送する第 1 の搬送ローラ対とし、給紙トレイから搬送してきた記録紙を図示する A 方向へ搬送するように回転する。また、符号 5 2、5 3、5 4 は複数のコロを団子状に軸に設けたローラである。ローラ 5 2 とローラ 5 3 を対にして記録紙を搬送する第 2 の搬送ローラ対を形成し、中間トレイから搬送される記録紙を図示する B 方向へ搬送するように回転する。また、ローラ 5 2 とローラ 5 4 を対にして記録紙を搬送する第 3 の搬送ローラ対を形成し、図中の C 方向、すなわちレジストローラ方向へ搬送するように回転する。

【0 1 9 0】

矢印 A 方向へ搬送するように回転される第 1 の搬送ローラ対の搬送路には、ガイド板 5 5、5 6 が設けてあり、これらのガイド板 5 5、5 6 にはローラ 5 0、5 1 のコロの部分を通るような穴があけてある。同様に、矢印 B 方向へ搬送するように回転する第 2 の搬送ローラ対の搬送路には、ガイド板 5 7、5 8 が設けてあり、これらのガイド板 5 7、5 8 には、ローラ 5 2、5 3 のコロの部分を通るような穴があいている。また、矢印 C 方向に搬送するように回転する第 3 の搬送ローラ対の搬送路には、ガイド板 5 6、5 7 の延長部があり、これらには、ローラ 5 2、5 4 のコロの部分を通るような穴があいている。すなわち、搬送ローラ対による搬送力とガイド板による搬送性を確保した構成となっている。

【0 1 9 1】

ガイド板 5 5 の下流側の端部には、記録紙の搬送方向に延びる可撓性シート 5

9 が取り付けられており、記録紙を案内するように設けられている。そして、A 方向から搬送させてきた記録紙も、共に C 方向へ搬送されるように搬送路が形成されている。

【0192】

ここで、中間トレイから B 方向に搬送されてくる記録紙は、下向きカールがついている場合が多く、折れやジャム（紙詰まり）の発生を防止するために、可撓性シート（具体的にはポリエステルフィルム、製品名：マイラー）59 は図中右方向に折り曲げてある。したがって、給紙トレイから A 方向に搬送されてきた記録紙は、可撓性シート 59 の先端を迂回してローラ 52、54 間へ進入する。

【0193】

このとき、図 17 に示すような未対策の可撓性シート 59 の場合、記録紙が可撓性シート 59 の先端を摺動しながら搬送する。ところが、記録紙の表面は繊維の凹凸があり、さらに、可撓性シート 59 はせん断加工により端面はバリがでているため、記録紙表面の繊維に凹凸が進行することにより、可撓性シート 59 のエッジ部のバリと記録紙が振動して大きな音を発生して騒音となる。なお、可撓性シート 59 のエッジ部分のバリを 1 枚ずつ取るのは非常にコストと時間がかかる。そこで、以下に示すように可撓性シート 59 の工夫による紙摺動音の低減対策を行なった。

【0194】

本発明の実施の形態にかかる可撓性シート 59 の例を図 16、図 18 に示す。この図 16、図 18 において、ガイド板 55 に取りつけた可撓性シート 59 の先端は、図 13 の矢印 A 方向から搬送されてきた記録紙をひっかくように摺動するときに発生する摺動音（紙の表面はある程度の表面粗さがあり、エッジを摺動させると高周波成分を多く含む音を発生する）を低減させるために、屈曲部 59a を形成する。可撓性シート 59 の表面は極めて平滑であり、屈曲部 59a を設けてもその平滑性は失われない。図 16 は、記録紙が可撓性シート 59 の屈曲部 59a を摺りながら搬送される様子を示したものである。

【0195】

図 17、図 18 は、可撓性シート 59 の先端形状をそれぞれ示しており、図 1

7は未対策の状態、図18はシート厚 t の半分以下の厚さのシートを折り曲げて重ねた状態を示している。この図18では、可撓性シート59の厚さを変えずに、シート先端を59bのように先端部分に丸みを持たせたR形状にする。これにより、記録紙との振動が低減されるため、紙摺動音が低減する。

【0196】

図20は、画像形成装置の騒音の周波数分析として1/3オクターブバンド分析を行なった結果を示すグラフであり、通紙コピー時とフリーラン（通紙せずにコピー動作を行なうモード）とをそれぞれ比較したものである。

【0197】

図19は、コピー時とフリーラン時の音圧レベルの差を示すグラフである。なお、このグラフは周波数の分布を調べるのが主目的であるので、各周波数の音圧レベルの相対的な比較は意味があるが、音圧レベルの絶対値は正確な校正を行っていないので意味がない。この図20の周波数バンド幅ごとの音圧レベルの差は、通紙するか、しないかによって起こる差である。つまり、記録紙を搬送することに起因する音の周波数分布である。

【0198】

図20において、3dB以上差があるのは、比較的低周波の200～250Hzを中心とした帯域と、比較的高周波である3.15kHz以上の帯域である。音響的には3dBの差があると、音響エネルギーに2倍の差がある。

【0199】

分析の結果、比較的低周波の200～250Hzを中心とした帯域の音は、記録紙と搬送ローラの衝突音であることがわかった。こちらは、音質評価実験により、不快さとは関係ないことがわかっているので音質改善ということに関しては対策する必要はない。

【0200】

また、3.15kHz以上の周波数は、記録紙の摺動音であることがわかった。つまり、記録紙と可撓性シート59の先端エッジ部分の摺れによって記録紙が振動して発生する音である。図20から明らかなように、12.5k～16kHzを中心とした周波数帯域は、約7dBの顕著な差がある。したがって、可撓性

シート 5 9 を図 1 6、図 1 8 のようにすることにより、記録紙の摺動音の音源を根本から対策することができ、3. 1 5 k H z 以上の周波数を低減することが可能である。この周波数帯域はシャープネスに寄与が大きく、また、聞こえの大きさも小さくなるのでラウドネスにも寄与する。

【0 2 0 1】

[金属衝撃音の低減]

図 2 1 は、図 4 におけるバンク給紙ユニット 1 7 0 の給紙・駆動系の構成を示す説明図である。この実施の形態における画像形成装置は図 4 で示したように、4 段給紙が可能に構成されており、上の段ほど搬送経路が短くなるので画像形成がはやくなる。したがって、1 段目（1 番上の段）にはよく使用される A 4 サイズの記録紙がセットされ、3、4 段目（下の段）には一般的に使用頻度の少ない B 4 や A 3 サイズの記録紙がセットされることが多い。

【0 2 0 2】

図 2 1 において、4 段それぞれの給紙装置には、グリップローラ 6 7 が配設され、各給紙装置から給紙された記録紙は、グリップローラ 6 7 を介して上方に向かう。グリップローラ 6 7 にはそれぞれ従動コロ 6 9 が対向して設けられ、加圧スプリング 7 0 で加圧されている。これらグリップローラ 6 7 や用紙分離機構（不図示）はバンクモータ 6 1 で駆動され、上部 1 0 0 に記録紙を搬送する。

【0 2 0 3】

グリップローラ 6 7 の各軸には、上から、中間クラッチ 6 2、中間クラッチ 6 3、中間クラッチ 6 4、中間クラッチ 6 5 が設けられている。これらの中間クラッチ 6 2 ～ 6 5 は電磁クラッチで構成され、タイミングベルト、ギヤ列を介して電磁クラッチのギヤに伝達されているバンクモータ 5 1 を駆動源とする駆動力を、電流のオン／オフでグリップローラ 6 7 を回転したり、非回転するものである。この駆動機構は、画像形成中に記録紙を送って記録紙間を最小限に制御し、処理効率を上げるために設けられている。中継センサ 6 6 は、画像書き込みのタイミングをとるため、およびジャム（紙詰まり）検知として用いられる。

【0 2 0 4】

ところで、画像形成装置における金属衝撃音の主な要因は、バンク給紙ユニッ

ト 170 の中間クラッチの動作音（クラッチ ON 動作において、円盤どうしが電磁石の力で吸い付く金属性の衝突音）であることが分かっている。これらの 4 つの中間クラッチは、記録紙を 1 枚給紙するたびに動作する。制御を簡単にするためにバンク給紙ユニット 170 のどの段から給紙しても動作するように構成されている。このため、バンク給紙ユニット 170 の 1 段目から給紙しても、駆動の必要のない 2 ～ 4 段目のグリップローラ 67 も駆動する。なお、4 段目（1 番下）から給紙した場合は、すべてのグリップローラ 67 が動作しないと記録紙は上方に搬送されないので、中間クラッチ 62 ～ 中間クラッチ 65 はすべて動作する必要がある。

【0205】

ただし、前述したように使用頻度の高いのはバンク給紙ユニット 170 の最上段または 2 番目のトレイからの給紙である。3、4 段目は使用頻度の低いサイズの記録紙をセットしてあるので使用頻度が少ない。

【0206】

金属衝撃音は、バンク給紙ユニット 170 の中間クラッチ 62 ～ 65 が同時に動作することによって衝撃音が大きく発生するので、バンク 1 段目を使用するときは中間クラッチ 62 だけを動作するようにすれば、金属衝撃音のエネルギー発生は $1/4$ に抑えることができる。このように、給紙に使用しているバンクの上の段の中間クラッチだけを動作するように制御することで、騒音も電気エネルギーの消費も抑制することができる。

【0207】

図 22 は、バンク給紙ユニット 170 の中間クラッチの制御例を示すフローチャートである。まず、1 段目給紙であるか否かを判断し（ステップ S11）、1 段目給紙である場合、中間クラッチ 62 を動作させる（ステップ S12）。ステップ S11 において、1 段目給紙ではない場合にはさらに 2 段目給紙であるか否かを判断し（ステップ S13）、2 段目給紙である場合には中間クラッチ 62、63 を動作する（ステップ S14）。ステップ S13 において、2 段目給紙ではない場合さらに 3 段目給紙であるか否かを判断し（ステップ S15）、3 段目給紙であれば、中間クラッチ 62 ～ 64 を動作させ（ステップ S16）、3 段目給

紙でない、すなわち 4 段目給紙（最下位のトレイからの給紙）の場合には中間クラッチ 62～65 を動作させる（ステップ S17）。

【0208】

このように、必要部分だけの中間クラッチをオンさせる制御を行ない、使用頻度の少ない下段の中間クラッチは動作させないことにより、金属衝撃音の発生を抑制することができる。

【0209】

図 23 は、中間クラッチの制御の改良前と改善後における金属衝撃音の変化を示すグラフである。改良前とは、4 つの中間クラッチを同時に動作させたものである。金属衝撃音改善は、1 段目の中間クラッチ 62 だけを動作させたものである。これによると、クラッチの衝撃音は約 1 k～20 kHz の高周波の広帯域ノイズであり、インパルス性だけでなく、シャープネスやラウドネスに寄与する。このように、衝撃音の音源を抑えることにより、不快音を低減させることができる。

【0210】

なお、本発明は、上述してきた実施の形態に限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない範囲で適宜、変形して実施することが可能である。たとえば、本発明の音質評価式やその条件は、この実施の形態の図 1、図 4 で示した画像形成装置に限定されるものではなく、電子複写機、レーザプリンタ、レーザファクシミリ装置など一般の画像形成装置に広く適用することができる。

【0211】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明にかかる画像形成装置（請求項 1）によれば、請求項 1 に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トナリティ値、インパルス性値、PPM 値を変数に用いて、多重ロジスティック回帰分析を行なうことにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出可能な音質評価式（a）を導出することで、低速機から高速機までの画像形成装置の不快さを、合理的に評価することができ、かつ理解しやすい不快確率という値で示すことができる。また、画像形

成装置の画像形成速度と不快感の許容値の関係を近似化し、速度に対応した許容値以下になるように音質改善することで、主観的な不快感（不快な騒音）を低減した画像形成装置を提供することができる。

【0212】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項2）によれば、請求項1において、A～Fの値の範囲に、各係数の推定値に、 $\pm 2\sigma$ （標準誤差）の範囲を加えるため、低速機から中高速機までの画像形成装置から発せられる不快に感じる確率を信頼区間95%の範囲で算出することができ、これを基に不快さを定量的に低減することができる。

【0213】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項3）によれば、請求項3に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンナリティ値、インパルスブネス値、PPM値を変数に用いて、多重ロジスティック回帰分析を行なうことにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発生する音の不快確率を算出可能な音質評価式（c）の導出することで、低速機から高速機までの画像形成装置の不快さを合理的に評価することができ、かつ理解しやすい不快確率という値で示すことができる。また、音質評価式（c）はロジット z に $\pm 2\sigma$ の範囲を加えているため、誤差を含んだ範囲で不快さを評価できる。また、画像形成装置の画像形成速度と不快感の許容値との関係を近似化し、速度に対応した許容値以下になるように音質改善することで、主観的な不快感（不快な騒音）を低減した画像形成装置を提供することができる。

【0214】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項4）によれば、請求項4に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンナリティ値、インパルスブネス値、PPM値を変数に用いて、多重ロジスティック回帰分析を行なうことにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出可能な音質評価式（a）を導出することで、低速機から高速機までの画像形成装置の不快さを、合理的に評価することができ、かつ理解しやすい不快確率という値で示すことができる。また、画像形成装置の画像形

成速度と不快感の許容値の関係を近似化し、速度に対応した許容値以下になるように音質改善することで、主観的な不快感（不快な騒音）を低減した画像形成装置を提供することができる。

【0 2 1 5】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 5）によれば、請求項 1、3 または 4 において、一対比較の効果の差を変数としたので、式の導出実験に用いる音の全組み合わせによる比較実験ではなく、一部の組み合わせである不完備型の一対比較の少ない実験数で行なえ、かつ音の組み合わせによって音の比較を行なう被験者数が異なってもよい。また、ロジット変換において、2 音を比較したときの不快さの勝敗確率（一対比較の効果）が、心理音響パラメータ値の差で推定することができ、さらに、式（e）を変換することにより、2 音を比較するというのではなく、比較対象音の心理音響パラメータ値を入力するので、基準値と相対比較した場合の音の不快確率が得られる式の導出が行なえる。

【0 2 1 6】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 6）によれば、請求項 1～4 のいずれか一つにおいて、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7779 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で少なくとも操作部方向（前方向）の音の不快確率 P を許容値以下に抑えることで人間が最も聴くことが多い方向での不快感を低減することができる。

【0 2 1 7】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 7）によれば、請求項 1～4 のいずれか一つにおいて、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7779 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で前後左右 4 方向での音の不快確率 P の平均値を許容値以下に抑えることで、画像形成装置 4 面での平均的な不快感を低減することができる。

【 0 2 1 8 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 8）によれば、請求項 1～4 のいずれか一つにおいて、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7779 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で少なくとも 1 面以上の音の不快確率 P を許容値以下に抑えることにより、許容値以下の面を人間が多い方向に向けて設置することで不快感を低減することができる。

【 0 2 1 9 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 9）によれば、請求項 1～4 のいずれか一つにおいて、画像形成装置から放射される音に対し、ISO 7779 で規定された近在者位置、すなわち、所定距離を画像形成装置の端面から 1.00 ± 0.03 m の距離で、床上 1.20 ± 0.03 m または床上 1.50 ± 0.03 m の高さにおいて、標準的な測定方法で 4 面すべての音の不快確率 P を許容値以下に抑えることで、どのように設置しても不快感を低減することができる。

【 0 2 2 0 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 10）によれば、請求項 1、3 または 4 において、式（b）を満足するために高周波成分を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がるため、騒音の不快感を効果的に緩和することができる。

【 0 2 2 1 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 11）によれば、請求項 10 において、給紙搬送手段におけるガイド部材と記録紙との摺動音を低減して、高周波成分の発生を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がるため、騒音の不快感を効果的に緩和することができる。

【 0 2 2 2 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 12）によれば、請求項 1、3 または 4 において、式（b）を満足するために衝撃音を抑制することにより、心理

音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がるため、騒音の不快感を効果的に緩和することができる。

【 0 2 2 3 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 1 3）によれば、請求項 1 2 において、使用する給紙段の電磁クラッチのみを動作させて金属衝撃音を低減することにより、心理音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値と音圧レベル値が下がるため、騒音による不快感を効果的に緩和することができる。

【 0 2 2 4 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 1 4）によれば、請求項 1、3 または 4 において、式（b）を満足するために純音成分を抑制することにより、心理音響パラメータのトナリティ値が低下するため、画像形成装置の発生音による不快感を効果的に低減することができる。

【 0 2 2 5 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 1 5）によれば、請求項 1 4 において、純音成分を抑制するために A C 帯電音を低減させることにより、心理音響パラメータのトナリティ値が低下するため、画像形成装置の発生音による不快感を効果的に低減することができる。

【 0 2 2 6 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 1 6）によれば、請求項 1 5 において、A C 帯電音を低減するために像担持体の固有振動数と交流バイアス周波数の自然数倍の周波数とを異なる値にすることにより、心理音響パラメータのトナリティ値が低下するため、画像形成装置の発生音による不快感を効果的に低減することができる。

【 0 2 2 7 】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 1 7）によれば、請求項 1 5 において、A C 帯電音を低減するために像担持体の内部に吸音部材を設けることにより、心理音響パラメータのトナリティ値が低下するため、画像形成装置の発生音による不快感を効果的に低減することができる。

【0228】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項18）によれば、請求項15において、AC帯電音を低減させるために像担持体に制振部材を設けることにより、心理音響パラメータのトナリティ値が低下するため、画像形成装置の発生音による不快感を効果的に低減することができる。

【0229】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項19）によれば、請求項1、3または4において、記録紙の搬送路に、端部エッジ部分を屈曲、または1/2以下の厚さの可撓性シートで構成されるガイド部材を設けたことにより、記録紙ガイドの端部エッジと記録紙との摺動音が抑制され、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値が低下するため、画像形成装置の発生音による不快感を効果的に低減することができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の実施の形態にかかる画像形成装置（卓上型）の構成例を示す説明図である。

【図2】

図1におけるプロセスカートリッジの構成例を示す説明図である。

【図3】

図2における帯電ローラの構成を示す説明図である。

【図4】

本発明の実施の形態にかかる画像形成装置（コンソール型）の構成例を示す説明図である。

【図5】

本モデルにおける評点差の予測値と実測値とをプロットした散布図である。

【図6】

本発明の実施の形態にかかるロジット変換の様子を示すグラフである。

【図7】

本発明の実施の形態にかかる実確率と予測確率を示す散布図である。

【図 8】

画像形成装置のプリント速度に対する不快確率を示すグラフである。

【図 9】

画像形成装置の帯電音の周波数分析結果を示すグラフである。

【図 1 0】

感光体ドラムの固有振動数を変更させる構成例を示す断面図である。

【図 1 1】

感光体ドラムのドラム内部で反響する音を吸音する構成例を示す断面図である。

【図 1 2】

感光体ドラムの振動エネルギーを減衰させる構成例を示す断面図である。

【図 1 3】

図 4 に示した画像形成装置における本体縦搬送ユニットのコロおよびガイド板の詳細構成を示す説明図である。

【図 1 4】

騒音未対策時における可撓性シートおよび該シートによる搬送状態を示す説明図である。

【図 1 5】

騒音対策時における可撓性シートおよび該シートによる搬送状態を示す説明図である。

【図 1 6】

図 1 5 における可撓性シートの形状を示す平面図、および側面図である。

【図 1 7】

可撓性シートの先端エッジの未対策状態を示す説明図である。

【図 1 8】

可撓性シートの先端エッジの対策状態を示す説明図である。

【図 1 9】

コピー時とフリーラン時の音圧レベルの差を示すグラフである。

【図 2 0】

画像形成装置の騒音の周波数分析として 1 / 3 オクターブバンド分析を行なった結果を示すグラフである。

【図 2 1】

図 4 におけるバンク給紙ユニットの給紙・駆動系の構成を示す説明図である。

【図 2 2】

バンク給紙ユニットの中間クラッチの制御例を示すフローチャートである。

【図 2 3】

中間クラッチの制御の改良前と改善後における金属衝撃音の変化を示すグラフである。

【図 2 4】

相対モデルでの予測確率と実確率を示すグラフである。

【図 2 5】

録音に使用した標準試験台の構造を示す説明図である。

【図 2 6】

被測定機に対するダミーヘッド、マイクロホン位置を上面からみた説明図である。

【符号の説明】

- 1, 1 0 1 感光体ドラム
- 3 プロセスカートリッジ
- 4 本体トレイ
- 5 バンク給紙トレイ
- 8, 1 3 0 書き込みユニット
- 1 0 給紙ローラ
- 1 1, 1 0 6 レジストローラ
- 2 1 帯電ローラ
- 2 1 a 芯金部
- 2 1 b 帯電ローラ
- 4 1 円筒部材
- 4 2 吸音部材

4 3 制振部材

1 0 0 上部

5 0 ～ 5 4 ローラ

5 5 ～ 5 8 ガイド板

5 9 可撓性シート

5 9 a 屈曲部

6 1 バンクモータ

6 2 ～ 6 5 中間クラッチ

6 7 グリップローラ

1 7 0 バンク給紙ユニット

1 7 1 ～ 1 7 4 第 1 トレイ～第 4 トレイ

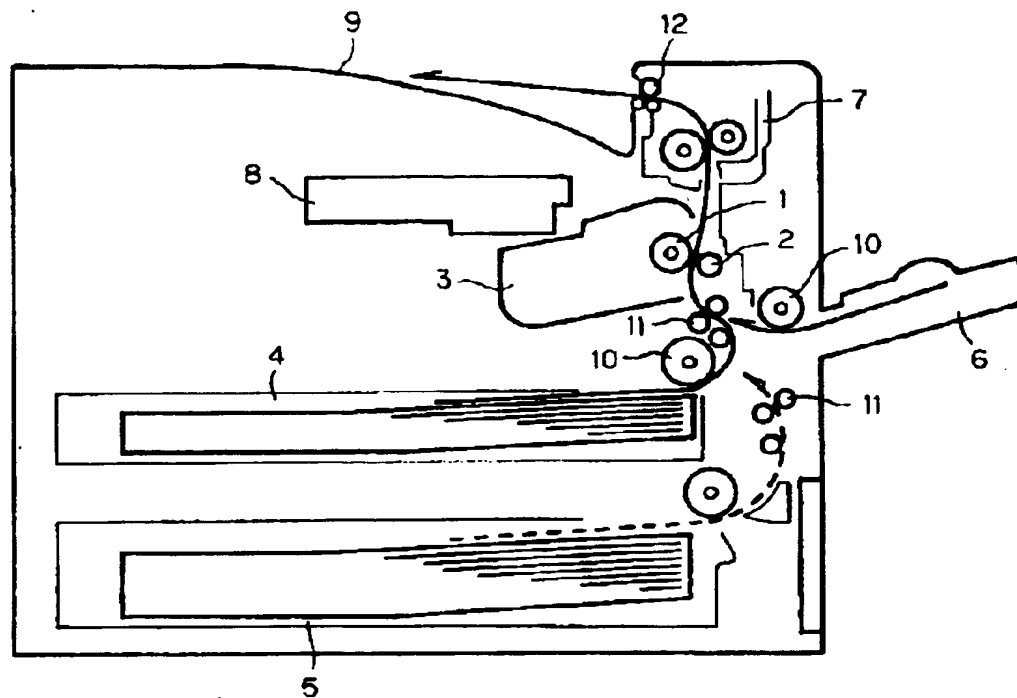
1 7 5 ～ 1 7 8 第 1 給紙装置～第 4 給紙装置

1 7 9 バンク縦搬送ユニット

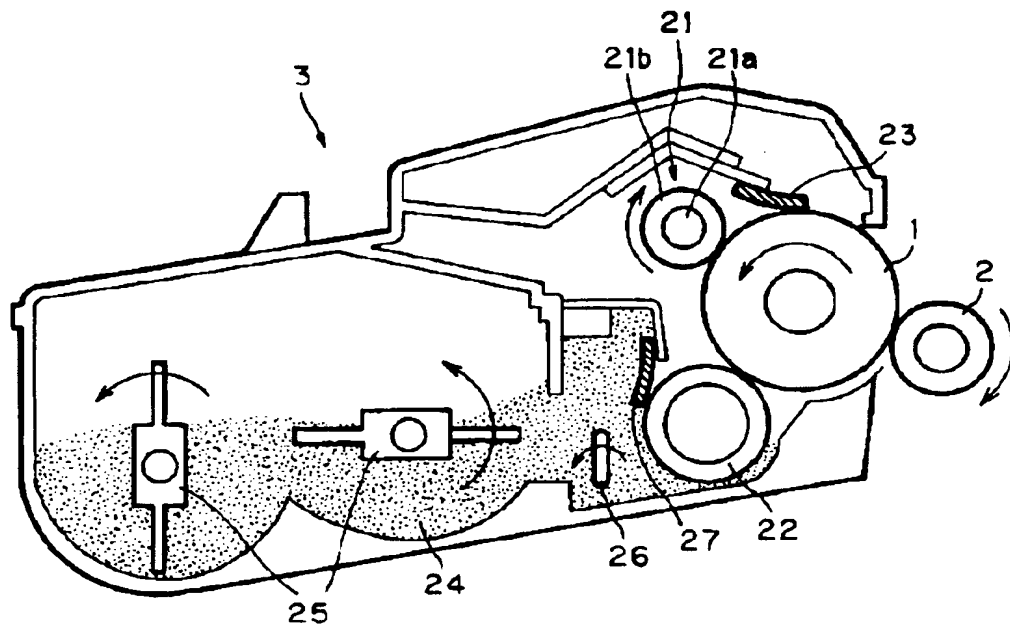
1 8 0 本体縦搬送ユニット

【書類名】 図面

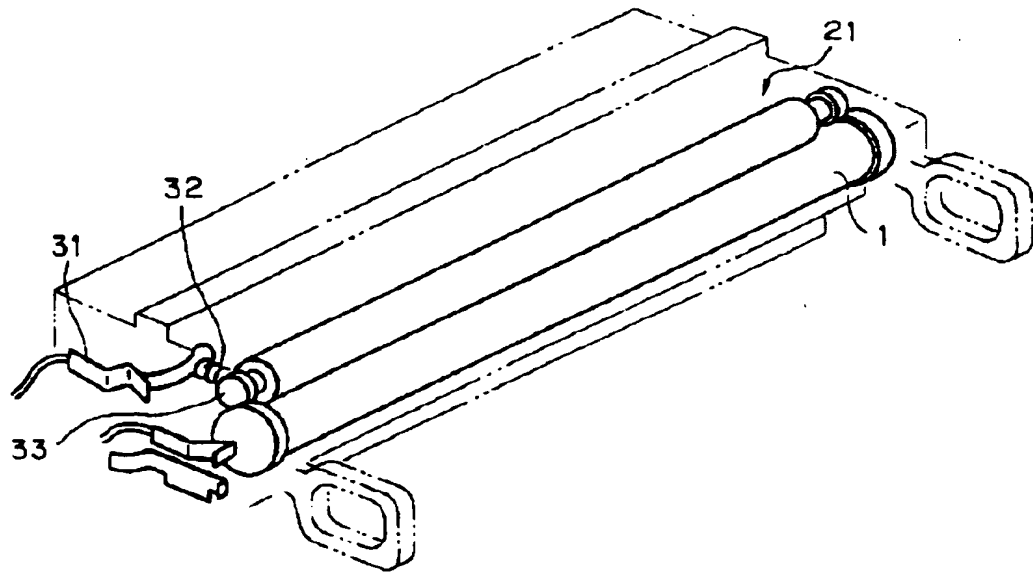
【図 1】



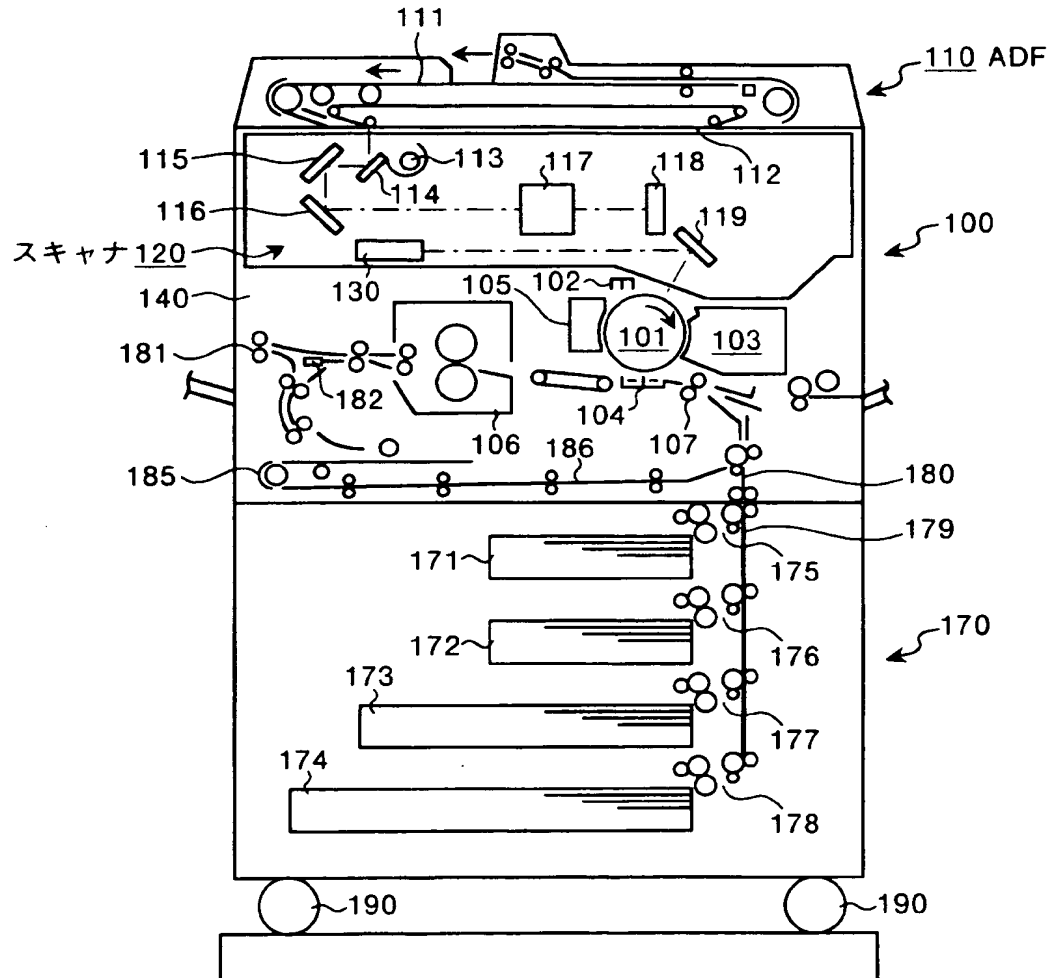
【図 2】



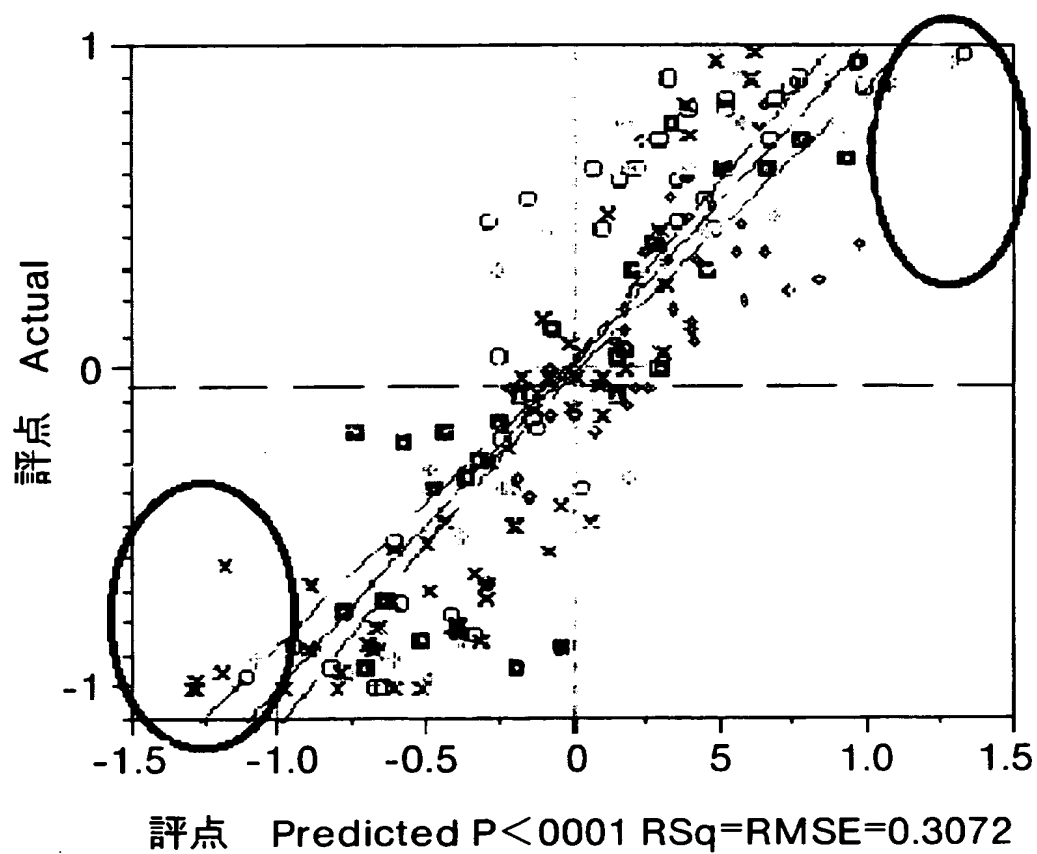
【図 3】



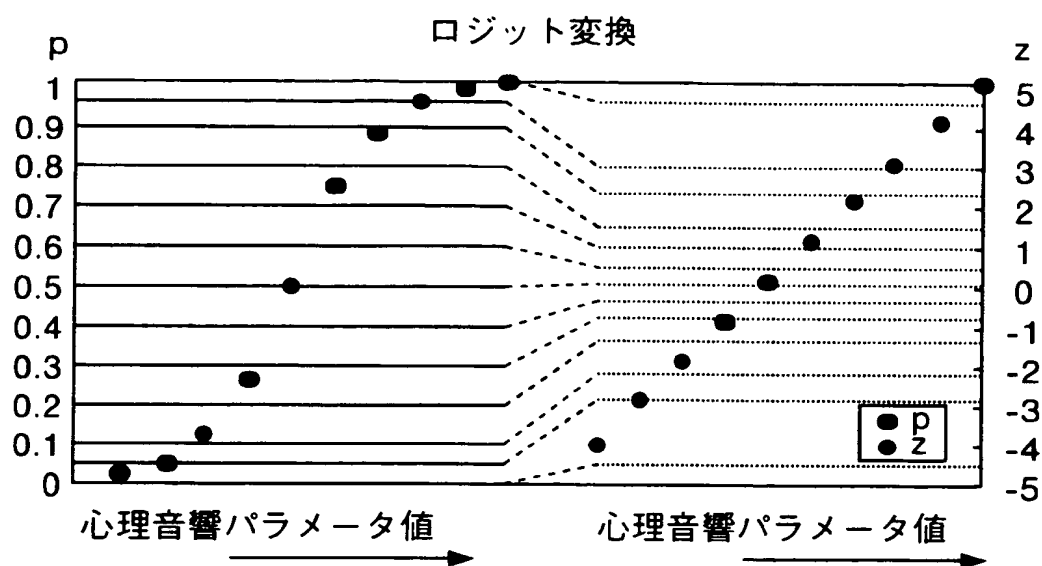
【図 4】



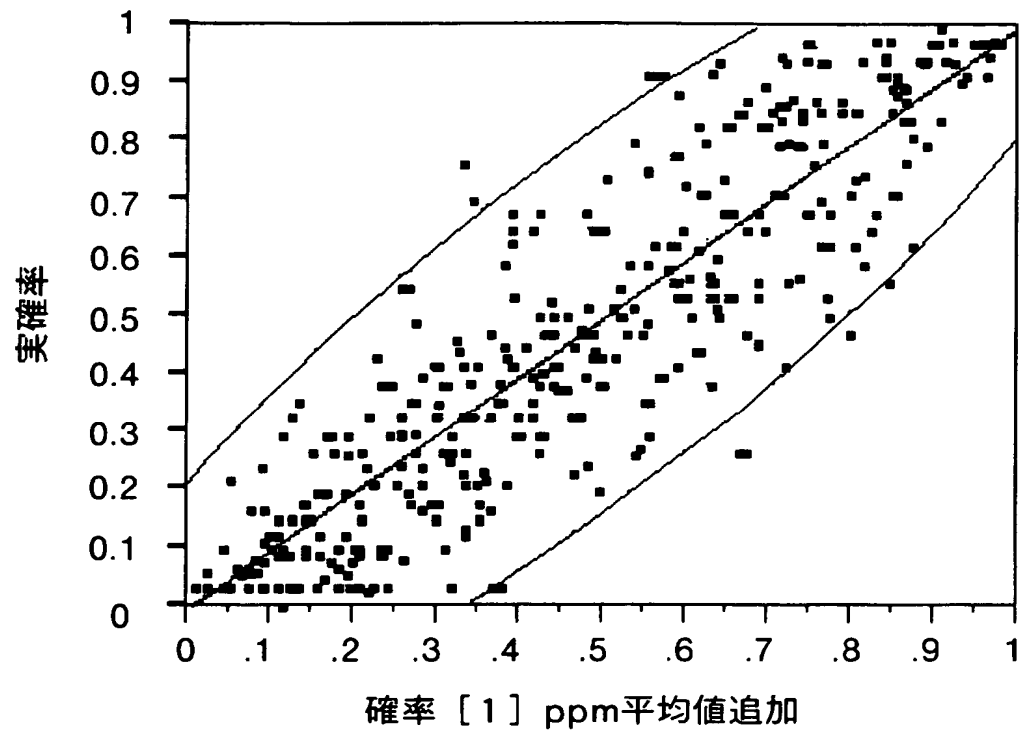
【図 5】



【図 6】



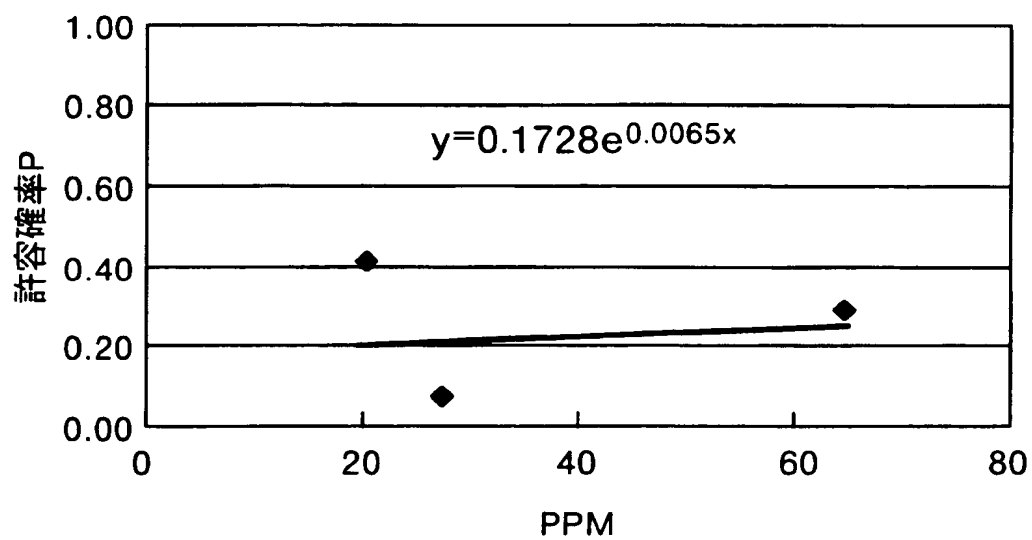
【図 7】



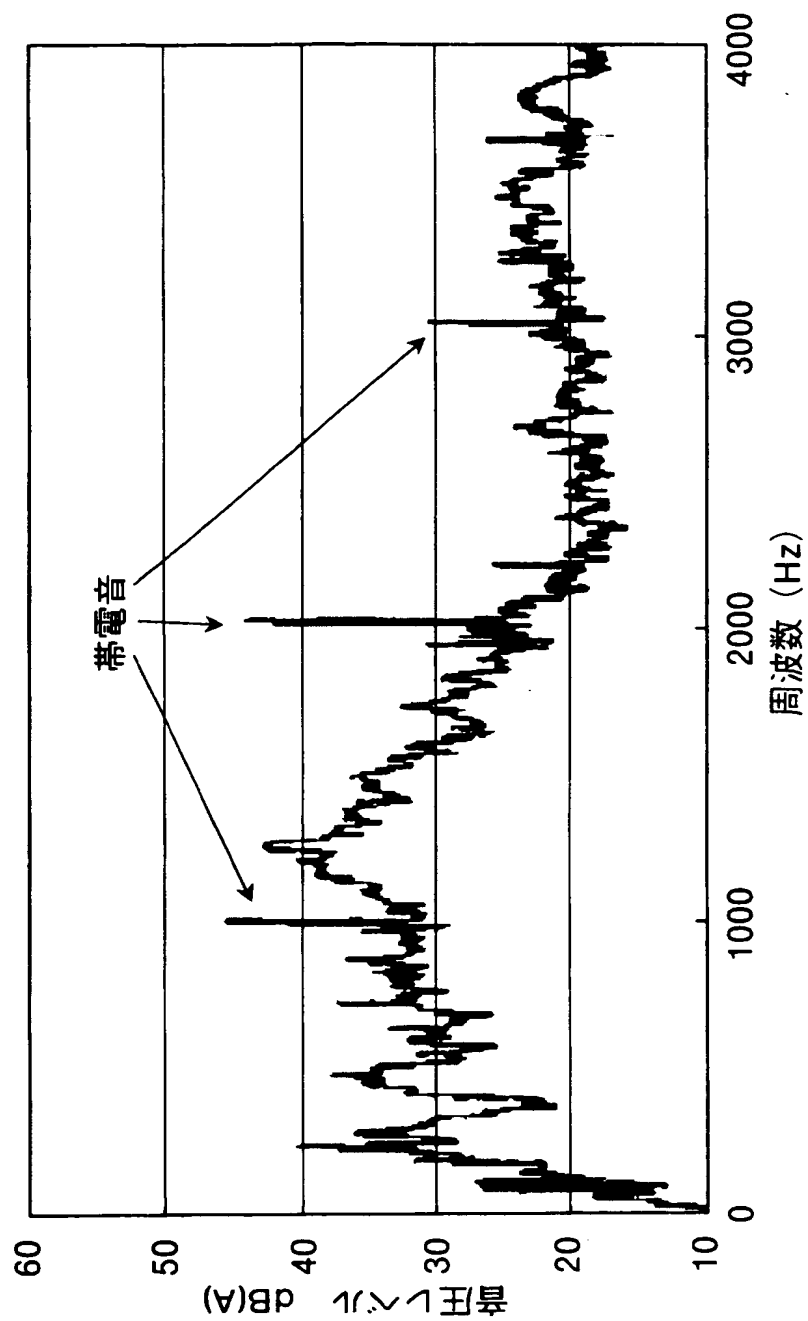
— 直線のあてはめ

..... 二変量正規楕円 $P=0.950$

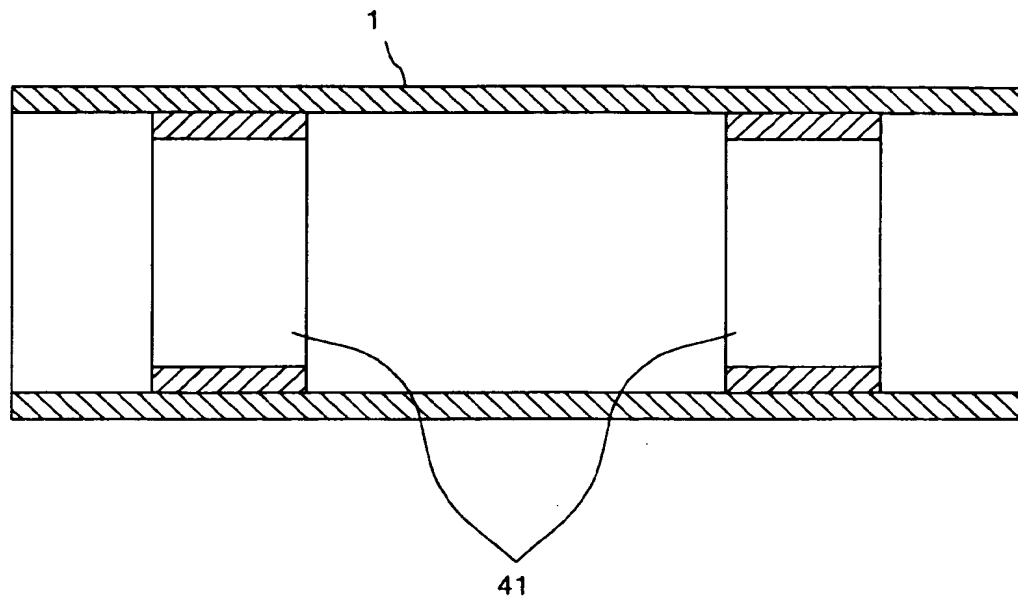
【図 8】



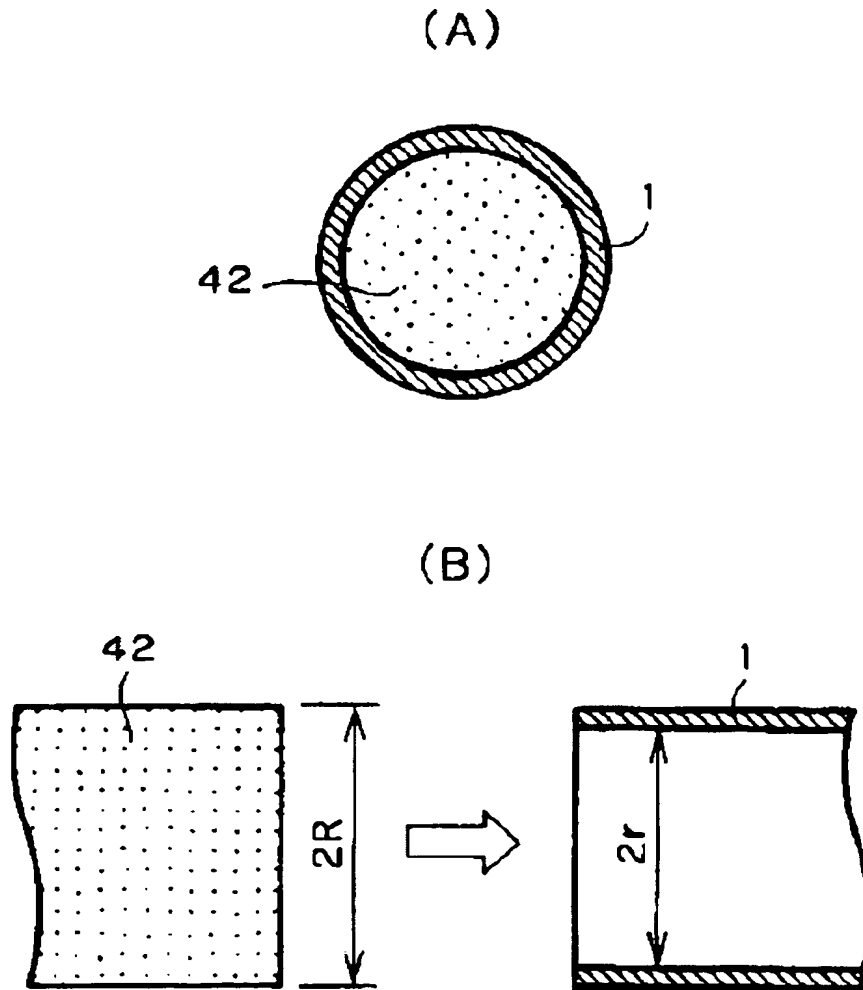
【図 9】



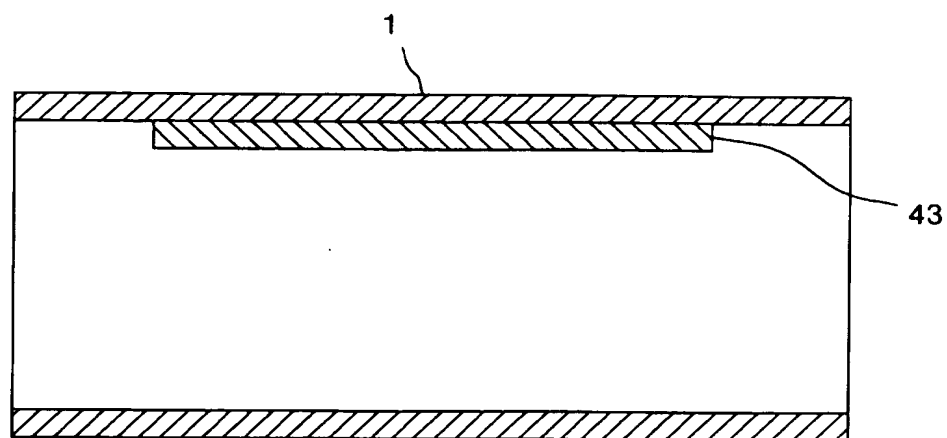
【図 1 0】



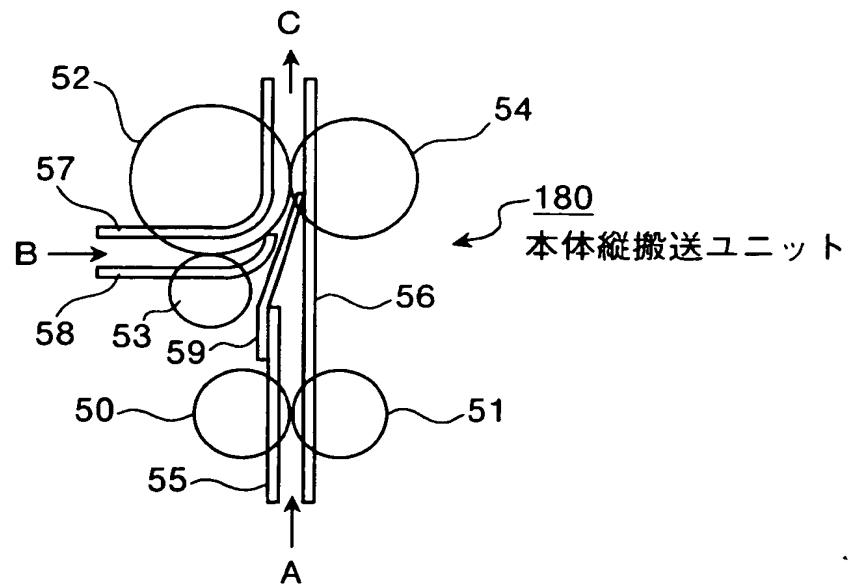
【図 11】



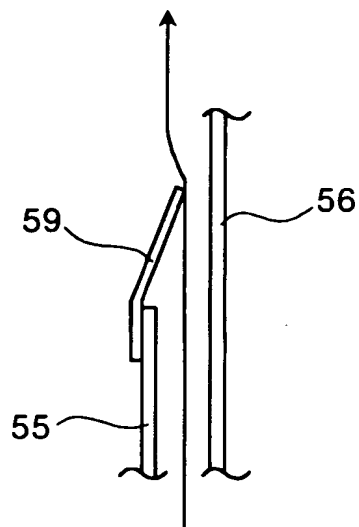
【図 1 2】



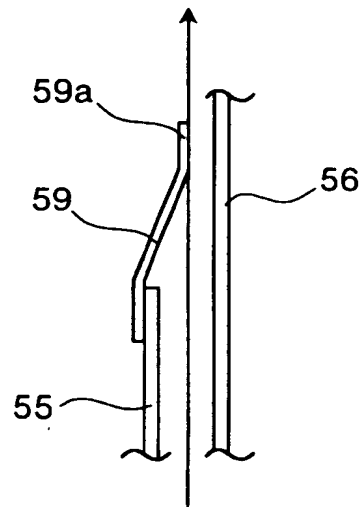
【図 13】



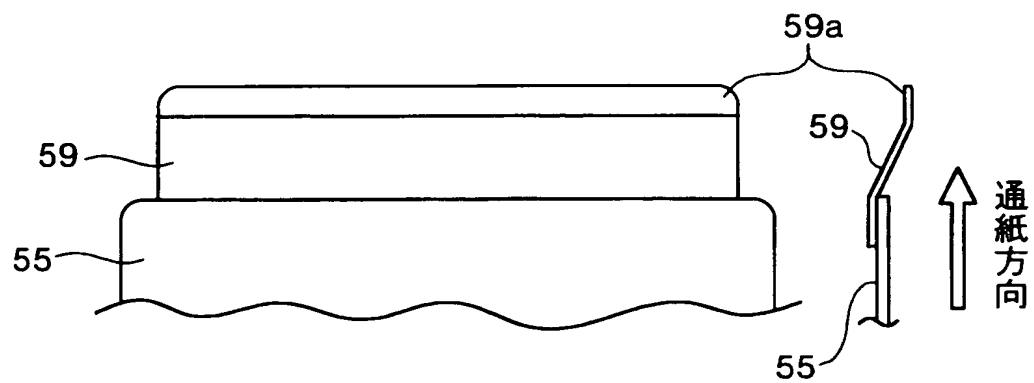
【図 14】



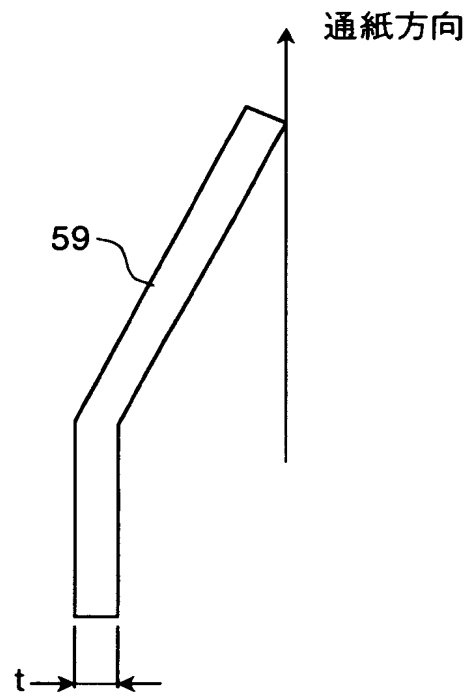
【図 1 5】



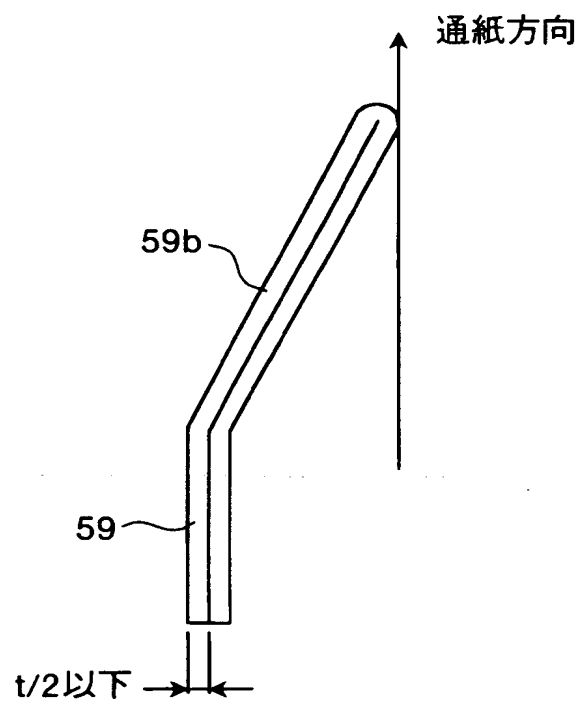
【図 1 6】



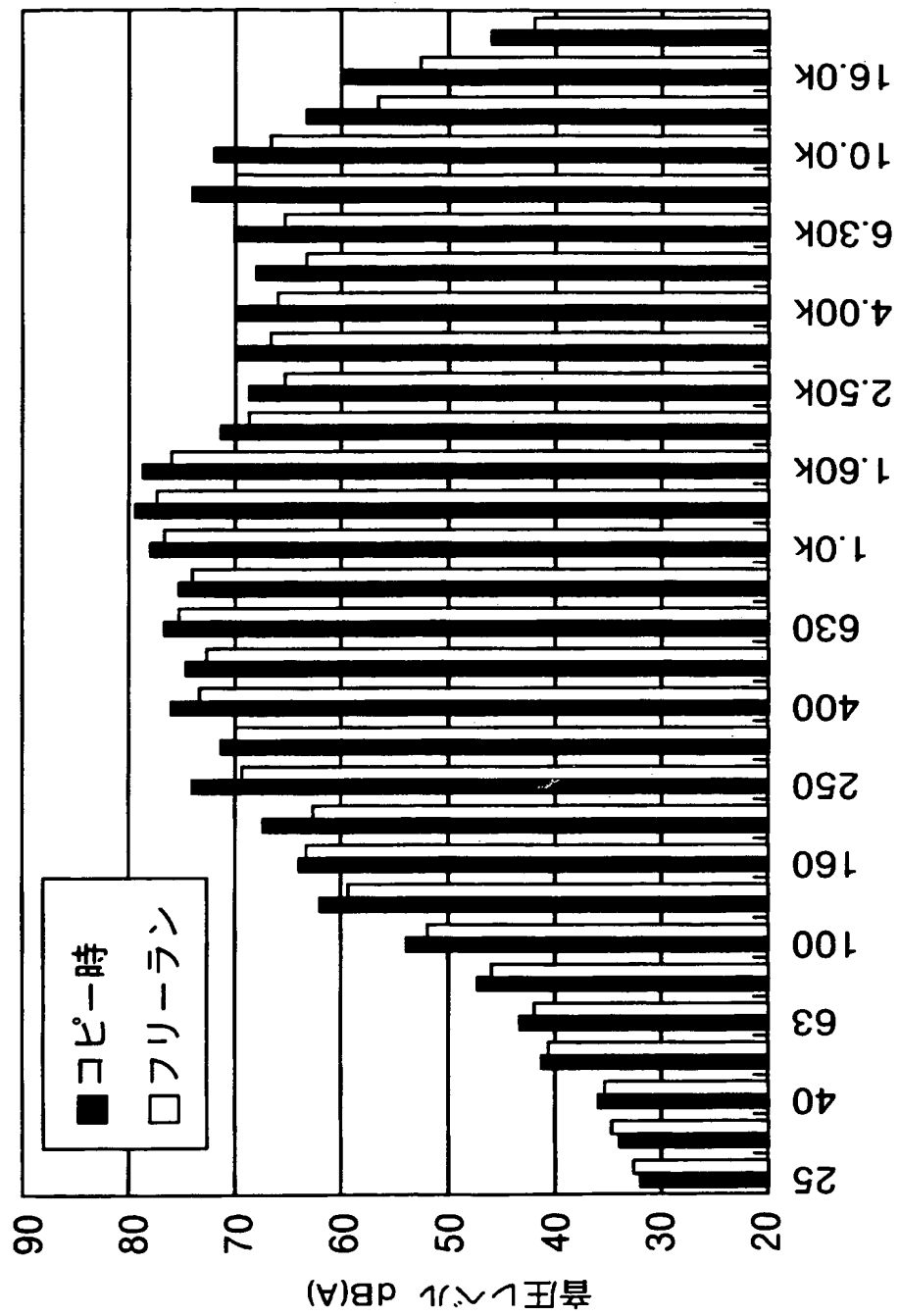
【図 1 7】



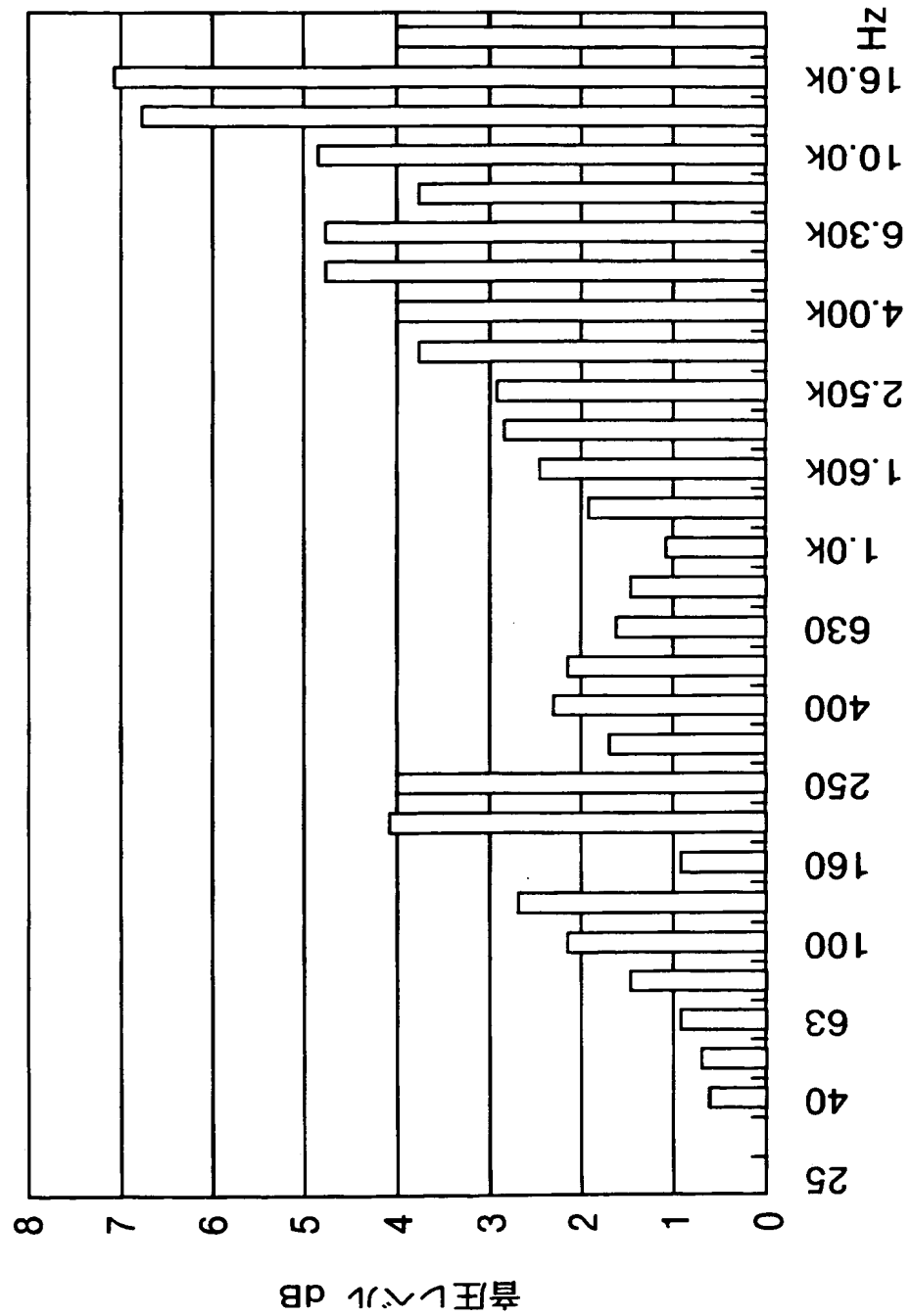
【図 1 8】



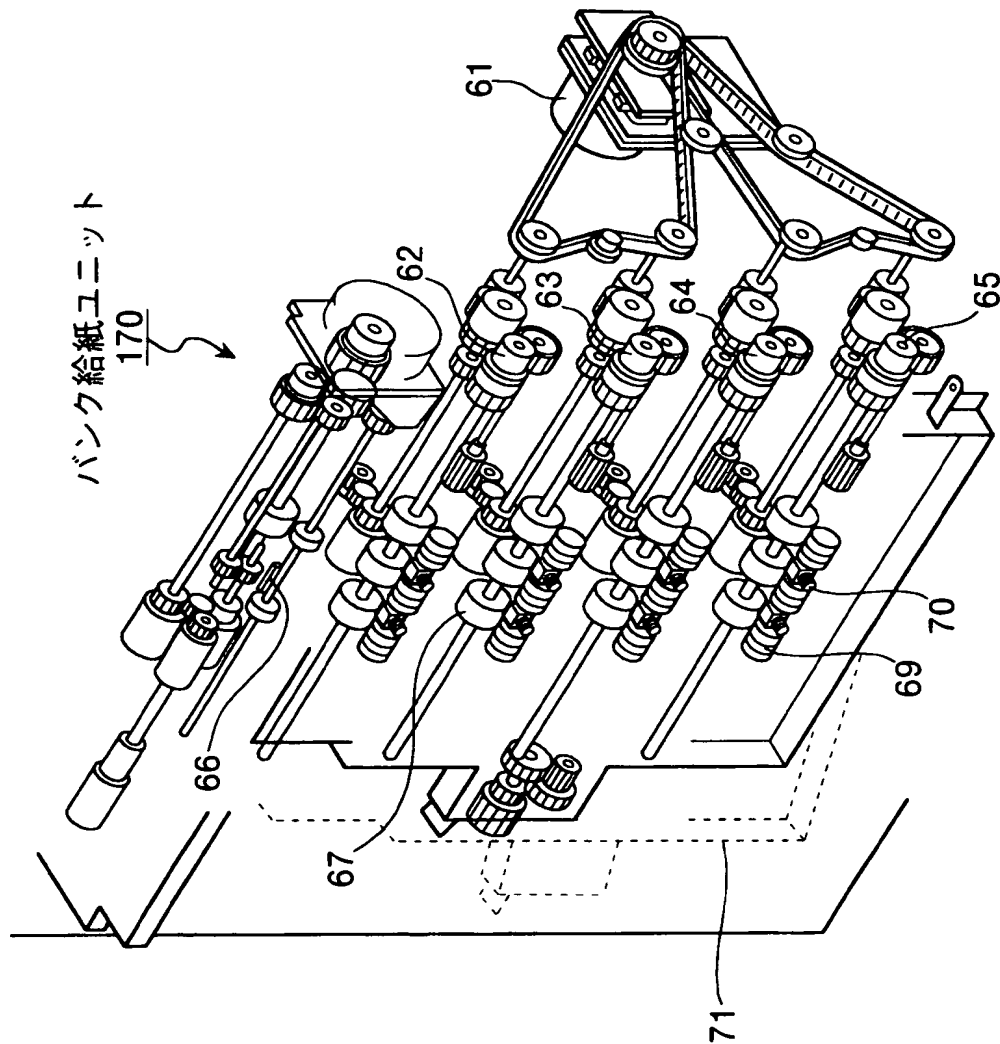
【図 19】



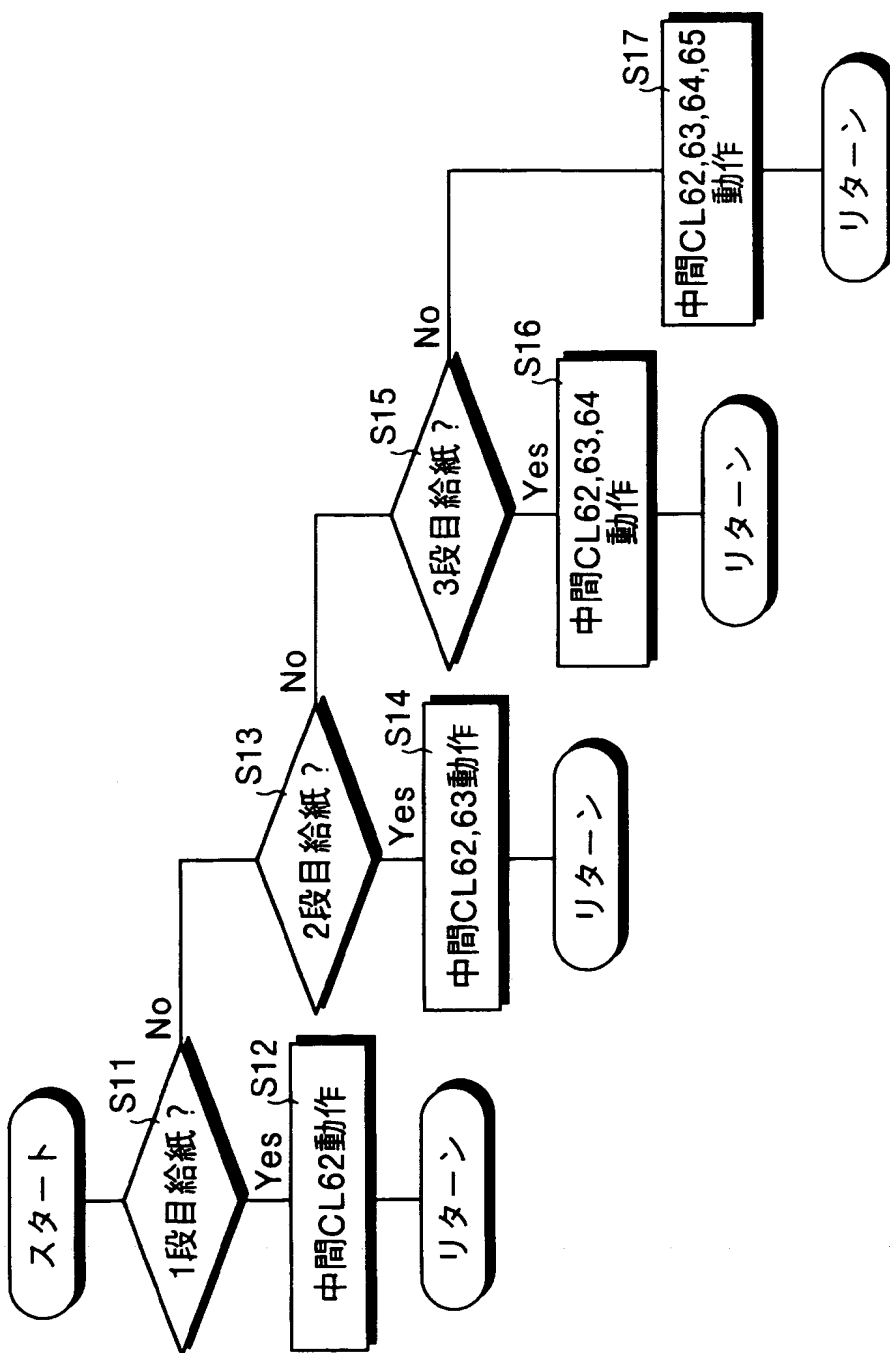
【図 20】



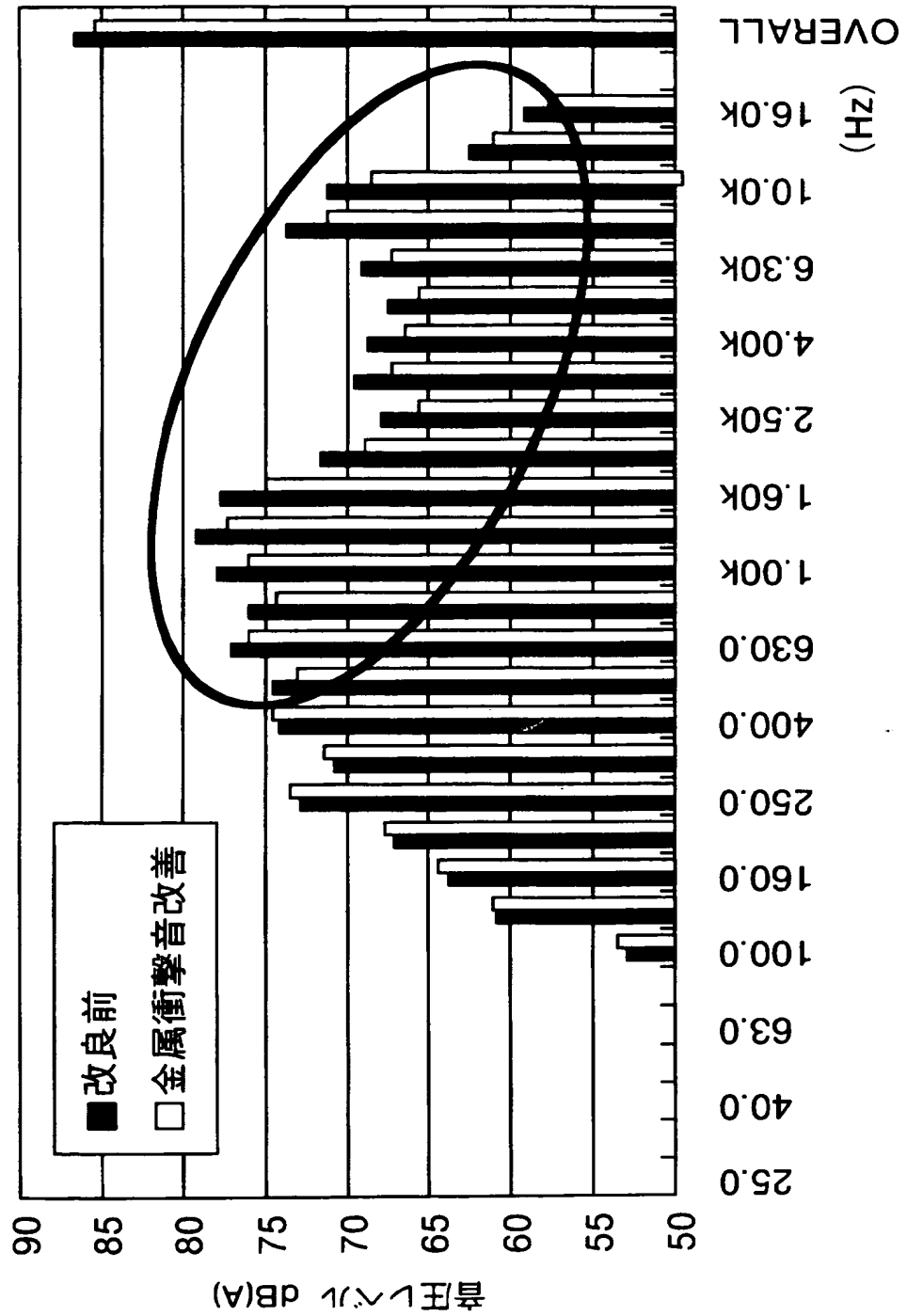
【図 21】



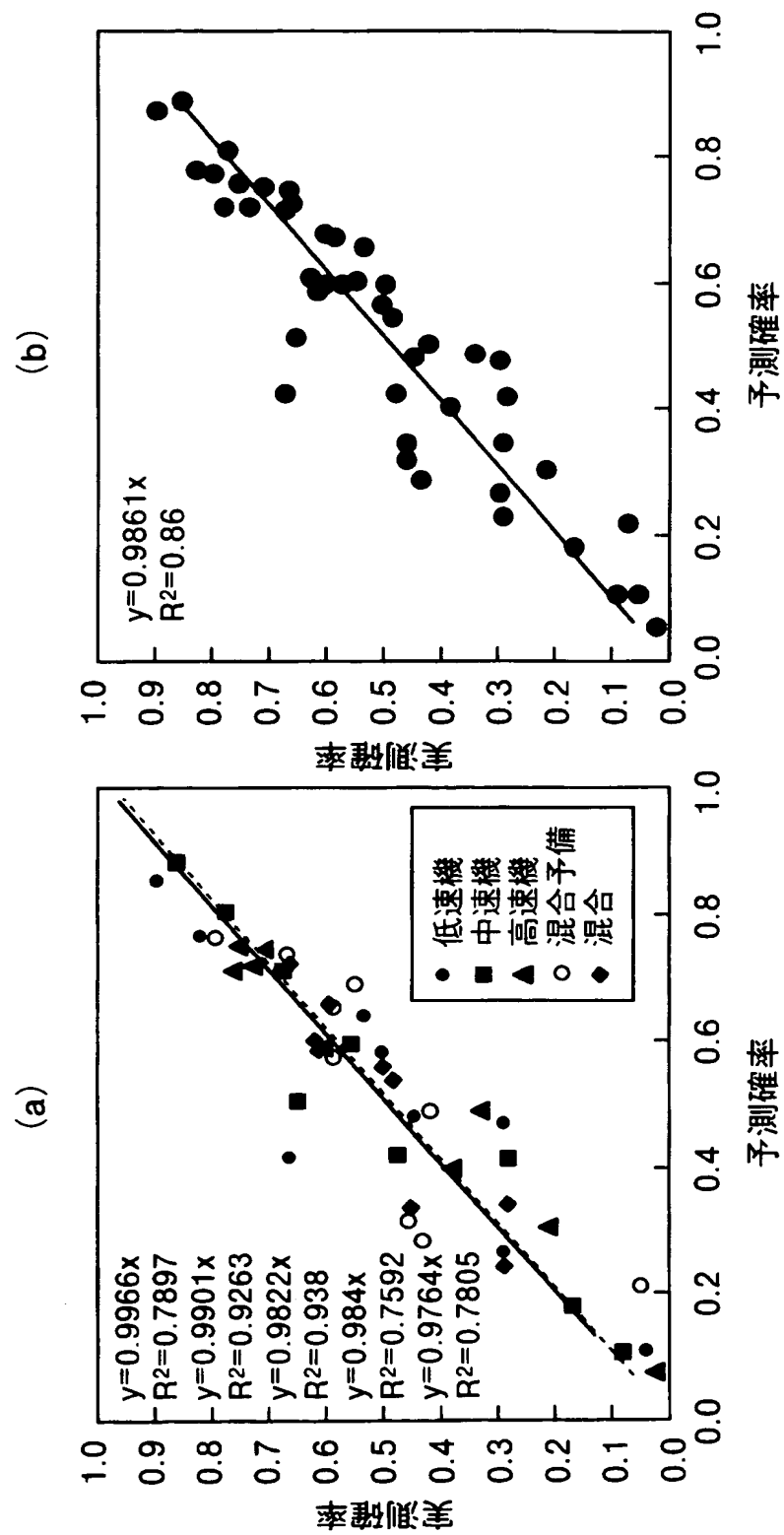
【図 22】



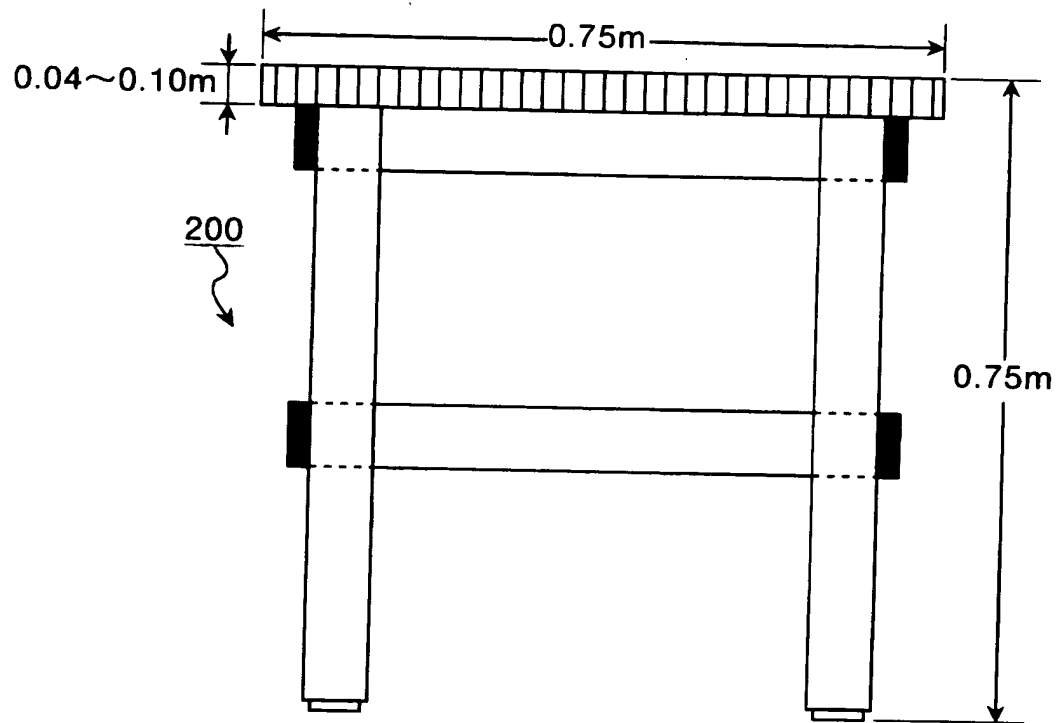
【図 23】



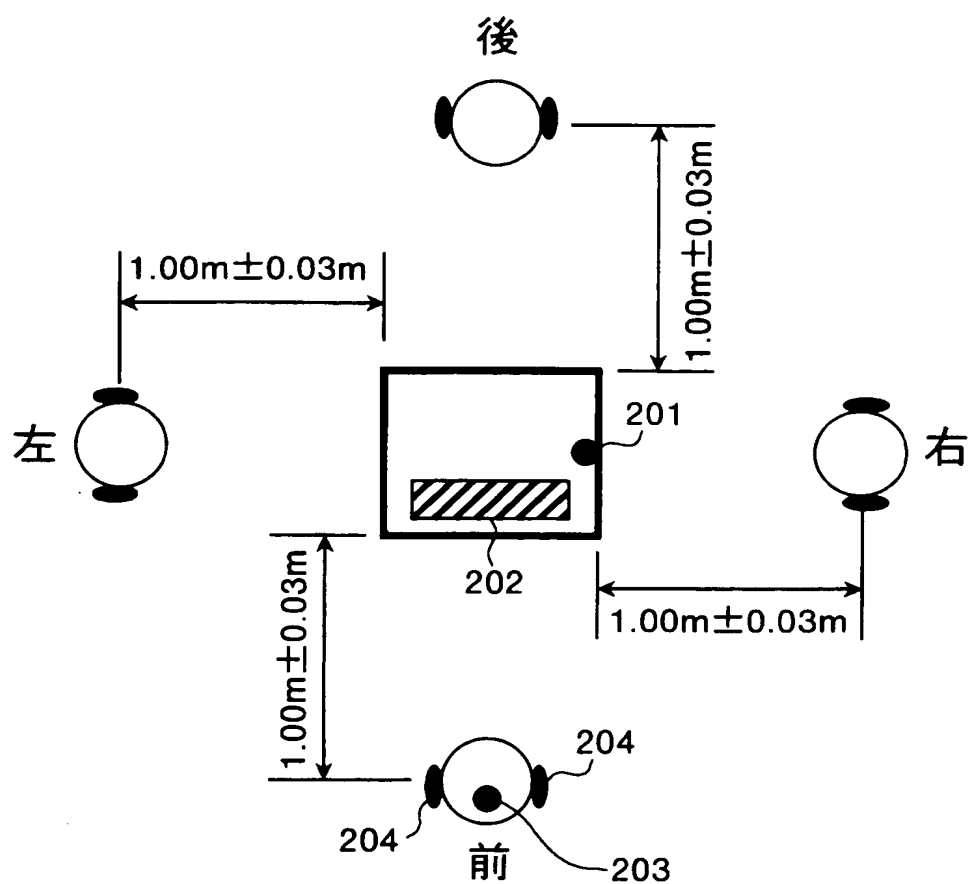
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低速機から中高速機までの画像形成装置に対する不快音源を、合理的に評価可能とし、かつ理解しやすい不快確率で示した上で、かつ評価精度を向上させることにより、心理的な不快感を緩和すること。

【解決手段】 音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、PPM値を用いた式（a）によって算出される不快確率Pが、式（b）を満たす画像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出が行なえ、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化する。

【選択図】 図 8

特願 2 0 0 2 - 3 3 4 2 7 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 7 4 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社リコー

2. 変更年月日

2 0 0 2 年 5 月 1 7 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社リコー